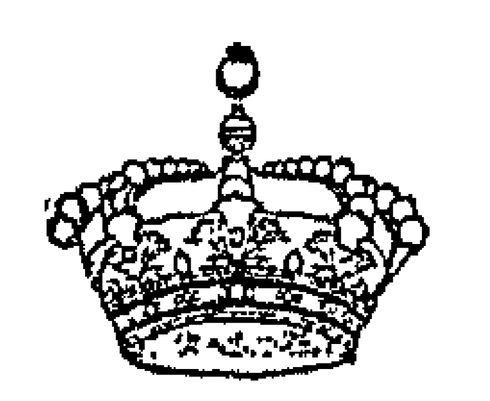








جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الأولى من السنة السادسة عشر

١٢٨

محاضرة

عن الري في بلاد النوبة

لحضرة الأستاذ يوسف سعد

مدير الأعمال بتفتيش تحويل الحياض

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ١٢ ديسمبر سنة ١٩٣٥

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء .

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شينى) ويرسل رسمها .

الرى فى النوبة

مقدمة

قد يكون من المفيد قبل التكلم عن أعمال الرى فى بلاد النوبة أن أحدثكم قليلا عن جغرافية هذه البلاد الغير المطروقة للكثيرين منا وعن تاريخها وعادات أهليها وأنواع الزراعات التى تجود فيها وغير ذلك .

جغرافيتها

يطلق اسم بلاد النوبة على المنطقة الواقعة بين الشلال الأول عند خط عرض ٥٤° ومدينة مروى عند خط عرض ١٨° وتنقسم إلى قسمين : نوبيا العليا وهى الجنوبية ونوبيا السفلى وهى الشمالية — ويفصلهما مدينة حلفا .

والحدود السياسية الجنوبية للبلاد المصرية تمتد حتى مدينة حلفا أما الحدود الإدارية فتقف عند الخط المائل بين ناحيتى فرس وادندان عند الكيلومتر ٣١٠ جنوبى خزان أسوان — أما الوادى المنحصر بين هذا الخط عند ٣١٠ ك ومدينة حلفا ٣٤٥ ك فتابع إداريا للحكومة السودانية — وسيكون حديثى الليلة عن الرى فى بلاد النوبة التابعة إداريا للحكومة المصرية حتى ٣١٠ ك فقط (رسم ١) .

الناحية التاريخية

كانت علاقة النوبيين منذ القدم وثيقة بملوك الأسرة السادسة

المصرية (أى منذ سنة ٢٥٠٠ قبل الميلاد) إذ كان هؤلاء الملوك يستخدمون النوبيين كرسل لترويج تجارتهم بين سكان أعالى النيل وجلب مايحتاجون إليه من السودان كالمعادن والعطور وغيرها — ولم يتم فتح بلاد النوبة إلا فى عهد الأسرة الثانية عشر (١٧٠٠ قبل الميلاد) وعندها كان الحد الجنوبى للبلاد المصرية بلدة سمنة بالقرب من الشلال الثانى وبعدئذ امتد نفوذ المصريين حتى بلدة نباتا القريبة من مروى بمديرية دنقلا — وأدمجت تلك المناطق فى دائرة الاقليم الجنوبى للبلاد المصرية ونصب عليها حاكم سمى أمير كوش الملكى وفى هذا العصر ازدهرت بلاد النوبة وشيدت بها المعابد والمدائن خصوصا على الشاطىء الغربى للنهر الذى كان أكثر أمنا من جهة هجوم البدو الذين كانوا يفدون من الصحراء الشرقية — ورغما عن أن المدنية المصرية كانت متسيطرة على تلك البلاد إلا أن الأهالى ظلوا متمسكين بلغاتهم الأصلية .

وكان عصر رمسيس الثانى بين سنة ١٢٩٢ وسنة ١٢٢٥ قبل الميلاد أزهى عصور تلك البلاد إذ أنه قام بتأسيس المعابد الكبيرة وأهمها معبد أبو سنبل العظيم وتعهد مجرى النهر والزراعة فى البلاد بعناية فائقة كما سيأتى بعد .

وبقيت بلاد النوبة تحت الحكم المصرى حتى سنة ١١٠٠ ق . م .

وعندما اضمحلت الأسرة الحادية والعشرين قام أحد الاتيوبيين واستولى عليها وأسس ملكه فيها إلا أن مدنية تلك البلاد ظلت مصرية كما هى .

وفى سنة ٧٣٠ قام بيانخى الاثيوبى واجتاح البلاد المصرية وأسس الأسرة الخامسة والعشرين على عرش مصر غير أنه لم يمض قرن واحد أى فى سنة ٦٣٣ ق . م حتى قام الأشوريون بإبعاد الاثيوبيين عن البلاد المصرية . أما النوبة فبقيت تحت حكم الأثيوبيين .

وبعدئذ أخذت المدنية المصرية فى النوبة تضمحل واستبدلت اللغة المصرية بلغة مضطربة من خليط اللغات الميرويتيكية المحلية .

وهنا أسدل التاريخ ستارا على ما حل بتلك البلاد حتى بدأ العهد المسيحى إذ أخذت البلاد النوبية تنقسم إلى إمارات صغيرة وعند ما انتشرت المسيحية فى النوبة فى القرن الرابع قلبت المعابد المصرية إلى كنائس كما يظهر بوضوح الآن فى معبد السبوع حيث النقوش المصرية على جدران المعبد مغطاة بطبقة من البياض السميك ومرسوم عليها صور القديسين بالألوان .

وفى سنة ٦٤٠ ميلادية أدخل عمرو الاسلام فى مصر وامتد نفوذه حتى دنقلة وفرض جزية على بلاد النوبة ولكن تلك البلاد فى هذا العصر لم تتغير كثيراً عن ذى قبل .

وفى سنة ١١٧٣ استولى شمس الدولة أخ صلاح الدين على قلعة إبريم ودخل الإسلام تدريجيا فى هذه البلاد .

وعند ما فتح السلطان سليم مصر فى أوائل القرن السادس عشر استوطن بالقرب من قلعة إبريم طائفة من البوسنيين — وما زال بعض

أحفاد من اختلط معهم من النوبيين برباط المصاهرة موجودين للآن بمركز الدر يباهون بأصلهم ويعرفون بالكشاف — وبلدة الدر لهم جامع أثرى وقصر قديم غمرهما الخزان المعلى أخيرا .

واستولى المماليك الذين فروا إلى النوبة على تلك البلاد سنة ١٨١٢ إلا أنه فى نفس السنة قام المغفور له ابراهيم باشا (بواسطة أخيه اسماعيل باشا) بطردهم وهدم قلعة أبريم . ومن هذا العهد وبلاد النوبة الشمالية تابعة لمصر .

وكانت مديرية النوبة قبل سنة ١٨٩٧ تحل محل مديرية اسوان الحالية — ومركز الكنوز محل مركز الدر الحالى وعاصمته بجهة الديوان الواقعة بالبر الشرقى عند الكيلومتر ٢١٠ — وبعد التعلية الثانية أى منذ نوفمبر سنة ١٩٣٣ انتقل المركز إلى عنيبة بالبر الغربى عند الكيلومتر ٢٣٥ حيث بنيت المبانى الحكومية الجديدة — وبذا استقر فى نفس المكان الذى كان مقراً لحاكم النوبة فى عهد الأسرة السابعة عشر حتى الأسرة العشرين وهو العهد الذى كان أزهى عصور هذه البلاد كما سبق القول .

عادات النوبيين ولغاتهم :

تنقسم هذه البلاد من حيث عادات الأهالى القاطنين فيها ولغاتهم إلى ثلاثة أقسام يقطن فى كل قسم منها سكان يختلفون فى اللغة والعادات عن الآخرين اختلافا كلياً .

القسم الأول : منطقة الكنوز ويتفاهم أهلها بلغة خاصة تعرف

بالموتوكية وتمتد هذه المنطقة من الشلال حتى ك ١٤٥ عند بلدة المضيق وتشمل ١٧ بلدا منها ثلاثة بمركز اسوان والباقى بمركز الدر — وقد عرفوا بالكنوز نسبة الى حاكم يدعى الكنزى .

القسم الثانى : وادى العرب ويمتد من ١٤٥ ك حتى ١٨٣ ك وسكانه من قبيلة العقيلات النازحة من بلاد العرب وينطق أهله بالعربية ولا يعرف أحد منهم الرطان النوبى — ويشمل أربعة بلاد فقط .

القسم الثالث : منطقة النوبة وتمتد من ١٨٣ ك حتى الحدود الجنوبية وتشمل ١٩ بلدا وينطق أهلها بلغة خاصة تعرف بالفيديكية وتختلف اختلافا كليا عن لغة الكنوز .

واللغات النوبية لغات غير مكتوبة وقد بدأوا يكتبونها بحروف عربية بعد أن أخذوا يتعلمون اللغة العربية بالمدارس الالزامية المنشأة فى بلادهم حديثا حيث لا يتكلمونها ولكنهم استعانوا بها فقط لكتابة لغتهم الأصلية .

وأهالى النوبة ميالون بطبيعة بلادهم ومناخها للراحة وعدم المقدرة على العمل الشاق — وهم يحرصون أشد الحرص على تقاليدهم وقوميتهم وقلما تجد كنزيا مثلا يتزوج بعصرية أو نوبية — كذلك فانه لا يطيب لهم العيش مهما قاسوا إلا فى بلادهم — فمنذ إنشاء الخزان وعند تعليته الأولى ثم الثانية كان يقيمون منازلهم فوق المستوى الجديد للخزان بدلا من التى ستغمر حتى صارت معظم مساكنهم الآن على قمم الجبال —

يندهش المرء عند مايراهم قاطنين فيها بدون عمل فى معظم أوقات السنة عند مايكون الخزان غامراً لأراضيهم الزراعية — فلا شيء أمامهم سوى الجبال الجرداء والسماء وماء الخزان .

ولقلة موارد أرزاقهم يهاجر منهم الرجال العاملون إلى الجهات البحرية سعيا وراء الرزق ولا يعودون إلا مدة الصيف لزراعة ما ينكشف من أراضيهم بعد انحسار مياه الخزان عنها ومن المدهش أنهم لايذهبون لبلادهم إلا قبل الفيضان فى أواخر يوليه الذى تشتد فيه الحرارة حتى تصل إلى درجة ٥٠ سنتغراد ولا يحلو لهم زيارة بلادهم إلا فى هذا الوقت من السنة أما الأطفال والنساء فيندر أن ترى منهم من يغادر بلاده بل يبقون فيها حرصاً على تقاليدهم . والمار بهذه البلاد لا يجد من أهاليها إلا السيدات والأطفال والشيوخ وعدد سكان هذه المنطقة حسب تعداد سنة ٢٧ بلغ ٦١٣٩٦ منهم ٢١١٤١ من الذكور و٤٠٢٥٥ من الإناث وهذه نسبة لاتوجد فى أى جهة من الجهات ويرجع السبب إلى أن معظم الذكور لايقيمون فى هذه البلاد كما سبق القول . حتى أنه بعد انقامت الحكومة بعمل مشروعات رى بتلك المناطق لم يتمكن النوبيون من الانتفاع بمياه المشروعات لعدم مقدرتهم على العمل واستقدموا بعض أهالى الصعيد لزراعة أراضيهم بحصة من المحصول لاتقل عن ثلاثة ارباعه للزارع والربع للمالك وعلى الأخير إحضار بذور التقاوى مع العلم بأن الرى بالراحة ولولا قدوم هؤلاء الصعايدة ما تمكن النوبيون من الانتفاع بمياه المشروعات .

ويعتنى النوبيون بالمظهر كثيرا فمنازلهم عبارة عن أسوار كبيرة تشغل

مساحات عظيمة فاذا دخلتها لا تجد إلا غرفة أو اثنتين داخل هـذا الفضاء الـكبير وعلى أبواب منازلهم يلصقون أطباق الصينى المزخرفة بكثرة ويتفننون فى كيفية وضعها بحيث تظهر قراهم على جانب عظيم من حسن الرونق والجمال (صورة ٢ و ٣ و ٤) .

المناطق الزراعيـة

المناطق الزراعية فى بلاد النوبة عبارة عن مساحات صغيرة منعزلة عن بعضها منثورة على طول الوادى فى مسافة الـ ٣١٠ كيلو مترات تكونت بفعل الإطماء الطبيعى أو الصناعى والأخير بواسطة عمل الرؤوس الحجرية العظيمة التى يقول السير ولـكوكس عنها فى كتابه الرى المصرى إنهـا عملت غالبا فى عهد رمسيس الثانى لغرضين : الأول لتكوين سواحل زراعيـة — والثانى لتهذيب المجرى كى يبقى النهر جاريا تحت المعابد الـكثيرة التى أسسها — كما هو مشاهد فى الرأس الصخرية العظيمة المبنية بأحجار منحوتة لتحويل مجرى النهر عند منحنى بالقرب من معبد جرف حسين عند ٩٠ ك قبلى الخزان .

وتـكثر السواحل الزراعية فى البر الغربى للنهر والقليل منها فى البر الشرقى على نحو ما نرى فى الوجه القبلى حيث يلتحم مجرى النهر فى معظم طوله بالجبل الشرقى تاركا الأراضى الزراعية على يساره .

والمار فى بلاد النوبة تلفت نظره ظاهرة من الظواهر الطبيعية فإذا

ولى وجهه شطر الشرق شاهد الجبال الصخرية القـاتمة اللون — أما فى الجهة الغربية فيشاهد الصخور مكسوة بالرمال السـافية من صحراء ليبيا بلونها الأصفر الذى ينعكس على أشعة الشمس عند غروبها فيحدث تلك المناظر الخلابة .

وعلى الصخور يظهر بجلاء خط مياه التخزين الذى يعتبر أضبط مستوى للمقارنة Datum (صورة ٥) وبواسطته عملت مبـاحث التعلية الثانية .

ومساحة الأراضى الزراعيـة ببلاد النوبة تبلغ ٣١٨٠٠ ف منهـا ١٧٠٠٠ ف ملك الأهالى والباقى أطيـان حكومية معظمها بور — وهذا الإحصاء عمل قبل إجراءات نزع الملـكية الخاصة بالتعلية الثانية .

قبل إتمام إنشاء خزان أسوان سنة ١٩٠٢ أى عند ما كان النهر يجرى طبيعيا دون أن يتحكم فى مناسيبه أحد كانت حالة تلك البلاد الزراعية غير ما هى عليه اليوم — وكان معتاداً زراعة الأراضى العلو على مدار السنة بالرفع بواسطة السواقى المقامة على حافة النهر أو على آبار معين قديمة العهد — وتؤلف هيا كل السواقى النوبية من تركيبة من الأشجار المحلية مربوطة ببعضها بأحبال الليف المستخرج من النخيل بدون استعمال المسامير مطلقا ولما كانت السواقى تقـام فى الغالب على الجرف الواطى فيقيم النوبيون قنوات على شكل جفادات عالية لتوصيل المياه حتى الأراضى العـالية — وتبنى هذه القنوات عادة من كسر الأحجار أو من الطين (الجالوص) الذى به يبنون منازلهم .

وتعمل بهذه الجفادات ثغرات للمرور يصير تمرير المياه فوقها بواسطة بدالات مصنوعة من نصف نخلة مجوفة وهكذا ترون أن أدواتهم كلها من الإنتاج المحلى ولا ضرورة تلجئهم لاستيراد شىء من الجهات الأخرى (صورة ٦ و٧ و٨) .

وتستخدم الأبقار فى إدارة السواقى وهى ضئيلة الأجسام بسبب شدة الحرارة وقلة المراعى ولا يستعمل الشادوف فى بلاد النوبة إلا نادراً بسبب عدم قدرة النوبيين على تشغيله كما سبق القول .

أما الجروف فتزرع زراعة شتوية وتعرف هناك بالسلوكة .

وبعد إنشاء الخزان وغمر بعض أراضى البلاد السبعة البحرية من المنطقة لمنسوب ١٠٦ حرمت الأراضى المغمورة من الزراعة الشتوية والصيفية وفى الوقت نفسه قل مقدار الرفع للأراضى العلو وبذا تحسنت حالة السكان وزاد تعدادهم كما يتضح من المقارنة بين تعدادى سنة ١٨٩٧ وسنة ١٩٠٧ للسبعة بلاد التى تأثرت بمياه الخزان.

وبعد التعلية الأولى لمنسوب ١١٣ ثم إلى ١١٣٫٩٠ تغيرت حالة هذه السبعة بلاد البحرية وكذا التى تليها جنوبا حتى نهاية الرمو الذى وصل إلى بلدة توشكى عند الكيلو متر ٢٤٥ فان المنطقة البحرية غمرت تماماً وحرمت من الزراعة الشتوية والصيفية ولم يتمكن أهلوها من الانتفاع سوى بزراعة نيلية ضئيلة أما المنطقة التى تليها جنوبا حتى كروسكو عند الكيلو متر ١٨٥ فمع أنها حرمت من الزراعة الشتوية إلا أنها تتمتع

بزراعتين صيفية ونيلية علاوة على ما استجد من الأراضى العلو وأمكن زراعته بسهولة من مياه الخزان العاليـة زراعة شتوية — أما المنطقة الجنوبية من مسافة الرمو حتى توشكى فلم يغمر بمياه الخزان منها سوى السواحل البسيطة أما باقى أراضيها الزراعية فقد تحسن حاله بسبب ارتفاع مياه الخزان وتقليل مدى الرفع وذلك فيما عدا منطقة عنيبة الواقعة عند ٢٢٥ ك فبسبب اتساع المنطقة ووجود حدب عال من الرمال السافية مجاور للنهر فان معظم مساحتها ظل بائراً اللهم إلا ما تيسر زراعتـه على الآبار المعين العـديدة بهذه المنطقة وكان فى مقـدور الأهالى القيام بزراعته — أما باقى زمام المركز فلم يتغير حاله .

وعقب التعلية الأولى فى سنة ١٩١٢ طالب النوبيون بتحسين حالتهم من الوجهة الزراعية وعمل مشروعات رى لهم أسوة بما يعمل بالبلاد البحرية لاسيما وأنهم ضحوا ما ضحوا فى سبيل نفع باقى سكان القطر المصرى .

وطرح هذا الموضوع على بساط البحث سنة ١٩١٣ بمعرفة حضرة صاحب المعالى محمد شفيق باشا الذى فحص أمر تسهيل الرى فى بلاد النوبة شخصيا فى إحدى رحلاته لمركز الدر وقدم عنها تقريره الذى يتلخص فى توصيته على إقامة ستة طلمبات قطر ٢٤ بوصـــة لرى ٣٠٠٠ ف تـكلف الحـكومة نحو ٤٠٠٠٠ ج وتدار مع الصيانة بمبلغ ٦٠٠٠ ج سنويا بنواحى عنيبة وتوشكى غرب وبلانة وأدندان .

وفى سنة ١٩١٧ قام جناب المستر ايرلند مفتش عموم رى قبلى سابقا

بفحص هذه المناطق شخصيا وقدم تقريره وبه يرى عدم صلاحية شيء من هذه المناطق لعمل مشروعات به اللهم إلا منطقة عنيبة التي يمكن عمل تسهيلات للري بها رغم ما ينتظره من أنها سوف لا تكون منتجة لعدة سنوات وبنى أساس تخوفه على خطورة الرمال السافية من الجبل الغربي وشبه منطقة عنيبة بمنطقة وردان في الوجه البحري واختتم تقريره بأنه يرى في عمل مشروعات ببلاد النوبة مخاطرة من جانب الحكومة وفعلا قرر السير ماكدونالد وكيل الوزارة إذ ذاك عدم عمل شيء من هذا القبيل.

غير أن الموضوع أثير مرة ثالثة سنة ١٩٢٤ بناء على شكاوى النوبيين وعملت مباحث منطقتي عنيبة وتوشكى غرب بمعرفة ري خامس وقد جاء بتقرير حضرة مفتش الري ما يأتي « وقع اختيارنا على منطقتي عنيبة وتوشكى غرب في بادىء الأمر لأنهما أصلح المناطق لإقامة مشروعات ري بهما على أننا نرى أنه إذا كان في النية تنفيذ ذلك أن يبدأ أولا بتنفيذ المشروع بمنطقة عنيبة كتجربة لنجاح المشروع من عدمه إذ أنه ليس من المؤكد نجاح المشروع في مثل هذه المناطق لقلة الأيدي العاملة من جهة ولسفي الرمال من جهة أخرى الخ . »

وحضر لمشروع هذه المنطقة مقايسة لري ٢٠٠٠ ف بلغت قيمتها ٣١٠٠٠ ج . وإلى هذا الحد وقفت الحركة حتى أثير الموضوع مرة أخرى عقب التعلية الثانية للخزان تلك التعليـــة التي تناول تأثيرها بلاد النوبة الشمالية عن آخرها وغيرت حالها تغييرا يذكر كما يأتي : —

(١) المنطقة الواقعة بين الشـــلال وتوماس عند الكيلومتر ٢٠٠

حرمت من الزراعة الشتوية والصيفية حرمانا تاما وتتوقف نتيجة الزراعة النيلية على مدة انكشاف الأراضى فان طالت مدة الانكشاف أمكن الحصول على زراعة نيلية غير كاملة وإلا فزراعة نيلية غير ناضجة لاتصلح إلا لغـــذاء المواشى وهذه المدة كما لا يخفى تتوقف على حالة النهر وميعاد تفريغ الخزان فى فصل التحاريق وعلى تاريخ البدء بملء الخزان عقب الفيضان .

(٢) المنطقة الواقعة بين الـكيلو متر ٢٠٠ والحدود السودانية فهذه تتمتع بزراعة نيلية كاملة وفى الجزء القبلى من هذه المنطقة الذى تنحسر عنه مياه الخزان مبكرة يمـكن زراعة معظم أراضيه زراعة صيفية علاوة على الزراعة النيلية ويستثنى من هذه المنطقة البلاد التى عمل لها جسور واقية وهى أبو سنبل وبلانة وادندان فهذه لم يتغير حالها بل بالعـكس قل مقدار الرفع لريها وفقط يقاسى أهلوها بعض الصعوبات فى وقاية سواقيهم من فعل الأمواج الشديدة التى تحدث أثناء ركود المياه فى حوض الخزان ولا يخفى أن الأمواج فى هذا الوقت تكون أشد من الأمواج فى فترة الفيضان لأنه فى الحالة الأخيرة يقلل من حدتها سرعة جريان الماء .

وبالنسبة لضياع محصول البلح بعد التعلية الثانية وهو عماد ثروة هذه البلاد فـكرت الحـكومة فى مصير النوبيين ونظرت إلى الموضوع نظرة خاصة روعى فيها عامل مهم هو ضمان بقاء منطقة الخزان مأهولة بالسكان لأنها تكون جزءا لايستهان به من طول وادى النيل بالقطر المصرى يقدر بنحو الخمس ومن العبث أن تتبع معهم الحـــكومة فى تعويضهم نفس

الطريقة المتبعة في نزع الملكية للمشروعات العامة بأن يعطى للأهلين قيمة ما تلف منهم ثم تركهم وشأنهم لأن هذا معناه خراب هذه المناطق وتشتيت سكانها .

أقول إن الحكومة رأت تحسين حالة هذه البلاد وبقاءها عامرة مهما تكلفت من مصاريف زائدة وذلك بإقامة المنشئات الخاصة بالتعليم والمساجد والصحة والبوليس وعمل مشروعات لإيجاد مناطق زراعية جديدة فوق مستوى الخزان المعلى وتسهيل الرى النيلى للأراضى التى تحت مستوى الخزان وزراعتها زراعة منتجة بعد انحسار مياه الخزان عنها .

أنواع الزراعة

مصدر إيراد أهالى هذه البلاد ويعتبر فى الوقت نفسه غذاءهم الرئيسى البلح — وقد بلغ عدد النخيل حسب الحصر الأخير نحو ١٫١٠٤٫٠٠٠ نخلة من أنواع مختلفة أهمها وأجودها الأنواع الأربعة المعروفة بالقنديلة والبرتموده والبركاوى والسكوتى — ولا يوجد صنف خاص يعرف بالبلح الابريمى أما سبب هذه الشهرة فهو كثرة النخيل فى المنطقة التى حول بلدة أبريم عند الكيلومتر ٢٣٠ .

ومعظم هذا النخيل غمر أو على الأقل غمرت سيقانه لارتفاع كبير بمياه الخزان المعلى اللهم إلا ما كان داخل المساحة التى عمل لها جسور واقية فى الطرف القبلى لمركز الدر وستبقى هذه الكمية نواة لزراعة النخيل

بالنوبة — وقد لوحظ أن النخيل الذى لا تغمر المياه قمته لا ينقطع إثماره دفعة واحدة ولكن ثماره تنحط سنة بعد أخرى حتى ينتهى بها الأمر أخيراً إلى العدم — ولقد شوهد النخيل فى العام الماضى بمنطقة توماس يجود بمحصول لا يستهان به ولو أن سيقانه قد غمرت بارتفاع ستة أمتار إلا أن البلح نفسه قلت حلاوته وخف وزنه .

والنخيل فى بلاد النوبة مغروس فى الأراضى المنحطة كى تكون جذوره قريبة من المياه الجوفية - وتقع هذه المواطى غالباً بالقرب من الشاطىء .

أما أراضى العلو فتترك للزراعات الدورية الأخرى .

وقد لوحظ أيضاً فى زراعة النخيل عدم صلاحية الشتل الذى يؤخذ من نفس البلاد لذلك يستورد الشتل غالباً من السودان وتتكلف الشتلة الواحدة من ٢٥ إلى ٥٠ قرشا .

أما الزراعة الرئيسية ببلاد النوبة فهى الكشرنجيج وهو نوع من اللوبيا ويزرع وينمو فى أى وقت من أوقات السنة فهى زراعة نيلية وشتوية وصيفية وكما أنه يستعمل لغذاء الأهالى بخلط حبوبه مع الذرة أو القمح أو بطبخ أوراقه كما يطبخ السبانخ فى مصر فانه يستعمل أيضاً علفا للمواشى أخضر كان أم مجففا .

يلى هذا النوع من الزراعة الخروع وهى زراعة تدوم على الأرض

سنة أو سنتين ولا يستفيد النوبيون منه إلا لدهان أجسام النساء وشعورهن من زيته للوقاية من حرارة الجو .

أما الزراعات النيلية فالذرة الرفيعة (العويجة) والدخن السودانى — أما الزراعات الشتوية فأهمها الشعير والقمح والأخير يزرع فى مساحات صغيرة — ولا تزرع الخضراوت بالنوبة إلا قليلا جداً .

وقد شاهدت فى رحلتى الأخيرة لهذه البلاد منذ ثلاثة أسابيع انتشار زراعة جديدة هى زراعة الجورمة فى الأراضى الرملية التى غمرت بمياه الخزان المعلى ثم انحسرت عنها المياه وهى مساحات واسعة خصوصا فى الجهة الغربية وفى خور العلاقى وتعتبر هذه الزراعة نيلية ولو أنها لا تحتاج لمياه لريها وكذا لا تحتاج لكثير عناء بل يكفى بمجرد انكشاف الأراضى أن يبذر اللب فى الأرض بمعدل ٤ أو ٥ لبات فى كل حفرة على عمق من ٥ إلى ١٠ سنتيمترات وبين الحفرة والأخرى مسافة من متر إلى مترين ثم تترك حتى الحصاد ويكفى نصف كيلة لتقاوى الفدان الواحد ويبلغ محصول الفدان من ١٥ إلى ٢٠ أردبا ولا يخفى أن لب الجورمة يمكن استخراج الزيت منه ككل البذور ولانعدام آلات استخراج الزيت من الجورمة فى الوقت الحالى فان أثمانه زهيدة جداً وليس له أسواق وياحبذا لو تنبه أحد أصحاب رؤوس الأموال الصغيرة لذلك بعد أن خلقت هذه الزراعة فى مساحات واسعة بعد تعلية الخزان التعلية الثانية — ولا يستفيد أهالى النوبة من هذا المحصول فى الوقت الحاضر إلا قليلا فانهم يقدمونه

لضيوفهم (بدلا عن القهوة عندنا) على صفحة من الخوص وبجواره الذرة العويجة المحمصة (الفشار) مع قليل من البلح وهم يأكلون اللب غير مقشور كذلك فانهم بواسطة دق اللب ثم غليه فى الماء يحصلون على قليل من الزيت الذى يطفو على وجه الماء .

هناك أيضاً زراعات تنمو بدون واسطة زارع أهمها الحنظل الذى يدخل فى بعض العقاقير الطبية وبذوره خفيفة رفيعة تذروها الرياح ويحملها الماء . كذلك يشاهد فى هذه البلاد بكثرة نبات العشار الذى به مادة سامة حتى للحيوانات وهى لا تقدم عليه بتاتا .

أما الأشجار التى تنمو فى هذه البلاد فمعظمها من السنط والأثل والدوم ومما يلاحظ أن زراعة الأشجار والنخيل تكثر فى البر الشرقى لأن البر الغربى معرض لسفى الرمال ووجودها يحدث كثباناً تشبه غرود الصحراء كما يشاهد فى منطقتى عنيبة وبلانة التى ترى بهما الأشجار مطمورة وسط أكوام عالية من الرمال وقد تحولت أخشابها وأوراقها إلى هشيم — ويستثنى من هذه القاعدة منطقة توماس الموجودة بالبر الغربى فان النخيل بها كثيف جداً وليس بها سافى رمال ويرجع السبب فى ذلك إلى أن المنطقة فى منحن حاد تمتد من الشرق إلى الغرب بعكس باقى المناطق التى تتجه من الشمال إلى الجنوب (رسم ١) .

والنوبيون ليس لديهم أدوات زراعية تذكر فلا يوجد ببلاد النوبة محراث واحد وهم يفلحون أراضيهم بواسطة الفأس فقط وهى صغيرة

لا تكاد تزيد فى حجمها عن قدوم النجار — كذلك فانهم يستعملون لوحاً خفيفاً يمسك بقصبته شخص ويجره آخر لترتيب الأحواض بالحقل .

مناطق المشروعات

تنقسم مناطق مشروعات الرى إلى قسمين : —

القسم الأول : المناطق الزراعية التى تحت مستوى الخزان المعلى وستغمرها المياه فترة من السنة ويمكن بواسطة عمل تسهيلات لريها ريا نيلياً بالطامبات أن تأتى بمحصول يذكر خصوصاً بعد أن انعدمت وسائل ريها بعد الغمر — وقد اختيرت المناطق الخمس الآتية لعمل مشروعات بها وهى توماس فى مساحة قدرها ٦٠٠ فدانا وعنيبه بحرى فى مساحة قدرها ٦٠٠ فدانا وعنيبه قبلى فى مساحة قدرها ٦٠٠ فدانا أخرى وتوشكى شرق فى مساحة قدرها ٥٠٠ فدانا وتوشكى غرب فى مساحة تبلغ ٧٠٠ قدانا .

وقد فضلت هذه المناطق عن غيرها بسبب صلاحيتها لعمل مشروعات بها من جهة وان مدة انكشافها تسمح بزراعة نيلية كاملة من جهة أخرى بالنسبة لارتفاع مناسيب أراضيها وذلك علاوة على أن أهليها فضلوا البقاء فى بلادهم حين أخذ رأيهم

وأنهم تأثروا بمشروع التعلية أكثر من غيرهم.

ومن تحصيل الحاصل أن أحدث أمثال حضراتكم عن أعمال الرى فى هذه المناطق بالتفصيل لأن المشروعات بها عبارة عن أعمال صغيرة جداً ، فكل ما عمل لكل منطقة ينحصر فى بيارة للطرد ثم فرع أو فرعين صغيرين يتحكمان فى رى المنطقة حسب مناسيبها والفروع مزودة بأفمام بنائيـة ومواسـير للتوزيع وقناطر حجز صغيرة .

ويلاحظ أن هذه الفروع والأعمال الصناعية تغمر سنوياً بمياه الخزان لذلك وجب قبل إطلاق المياه فى السنة التالية أن يعمل لهـا الصيانة . .وقد اتضح أن مياه الخزان لا تحدث تأثيراً يذكر بها إذا ما أطلقت الميـاه على المنطقة بانتظام بأن تفتح جميع مواسير التوزيع والأفمام كى تستطرق المياه داخل الفروع وو راءها وترتفع تدريجياً مع ارتفـــاع الخزان وبذا لا تتعرض الجسور لضـغط مائى من جانب واحد يسبب بها قطوعا خصوصاً فى المواقع الرملية التى فيها تمر الترعة بمنخفضات .

القسم الثانى : وهو عبارة عن الأراضى الصحراوية الجديدة الواقعة

فوق مستوى الخزان . وقد اتجهت الفكرة فى مبدأ الأمر إلى عمل مشروع بجهة خور العلاقى فى مساحة كبيرة تبلغ نحو ثلاثة آلاف فدان فأخذت عينة من تربة أرض هذه المنطقة لمعرفة صلاحيتها للزراعة وكانت نتيجة التحليل « أن تربة هذه الأرض بها كمية كبيرة من الطين تحتوى على نسبة كافية من الرمل الناعم والخشن لجعلها مسامية قابلة لنفاذ الماء بها « Permeable » ولو أن نسبة الأزوت فيها تعتبر قليلة إذا ما قورنت بكمية الموجود منه فى أراضى الدلتا وعلى أى الأحوال فيمكن اعتبار هذه التربة قابلة للزراعة » .

فكانت هذه النتيجة من المشجعات على المضى فى المشروع . وفى أواخر سنة ١٩٣١ قامت لجنة لفحص التربة بالمناطق الصحراوية المقترح استعمارها بوجه عام وتنحصر فيما يأتى :

العلاقى — عنيبة فوق منسوب ١٢٢ — توشكى غرب فى المنبسط الواسع الذى حصلت به موقعة ولد النجومى فى أغسطس سنة ١٨٨٩ ومناسيبه فوق ١٤٠ — ثم منطقة بلانة فوق ١٢٢ أيضاً .

وكانت نتيجة التحليلات الكيماوية الزراعية لهذه المناطق ما يأتى « يدل الفحص الذى أجرى فى المناطق المختلفة المراد استعمارها على أنه يصح اعتبارها من الوجهة الزراعية محدودة القيمة . وهذا الرأى لا يدخل فيه أى حساب لإمكان القيام بالأعمال الهندسية اللازمة لاستصلاحها وريها ولا للنفقات التى تستلزمها هذه الأعمال — ويجب أن نذكر هنا أنه متى توفرت المياه فانه يمكن مع بذل مجهود صادق وعناية كافية ومع توالى السنين الحصول على شىء من النتيجة حتى من أخشن الأراضى الرملية التى وصفناها — ويصح أن تكون الأراضى الجبسية فى شمال وجنوب توشكى غرب إذا نظرنا لطبيعة قريتها فقط — أنسب الأراضى للزراعة ولكن ليس لدينا معلومات عن كيف تكون هذه الأراضى متى خضعت لنظام الرى وعلى أى حال فانها فى كلتا المنطقتين تبعد عن مجرى النهر كثيراً — ولعل أصلح الأراضى التى تناولها الفحص هى الواقعة فى جزء من وادى العلاقى الذى كثر فيه وجود التماسك فى طبقات الرمل السطحية . وفى هذا الجزء من الوادى حيث يوجد الرمل ناعما بحيث يصح اعتباره صالحا للزراعة فإن

درجة نعومته ما زالت تستدعى مقادير كبيرة جداً من المياه خصوصا فى زمن الصيف حتى تكفى حاجة الحاصلات التى يحتمل أن تزرع فيها — زد على ذلك أنه حتى بعد بضع سنوات عند ما تتحسن حالة الرمال فان ما تغله من المحصول لن يكون كبيراً جداً » .

على ضوء هذه المعلومات استقر الرأى على عمل مشروعات رى بمنطقة العلاقى للرى الشتوى فقط فى مساحة قدرها ٧٣٠ فدانا وفى منطقة الدكة التى تشبه تربتها كثيراً منطقة العلاقى فى مساحة قدرها ٥٥٠ فدانا للرى الدائم وفى بلانه للرى الدائم أيضا فى مساحة قدرها ٢٢٠٠ فدانا

وسنتكلم عن كل منطقة من هذه المناطق الثلاث على حدة باختصار .

العلاقى

عبارة عن واد كبير على يمين النهر كان فى الغالب مصبا لمخر من مخرات السيول بدليل وجود خور منحط فى الجهة القبلية منه تنمو فيه شجار الأثل — وتربة الأرض تتحسن كلما توغلنا فى الوادى شرقا — وفى بطن هذا الوادى طريق للقوافل الذاهبة لمناجم الذهب التى يستغلها بعضهم فى السنين الأخيرة والتى تبعد نحو ٧٠ كيلو متراً داخل الوادى .

قد كانت مباحث المشروع فى مبدأ الأمر منصبة على رى نحو ثلاثة

آلاف فدان ريا مستديما تمتد حتى الكيلو متر الرابع عشر داخل الوادى — إلا أن معظم النوبيين رفضوا استعمار هذا الوادى لبعده عن مجرى النهر وفى الوقت نفسه اتضح أن تكاليف المشروع كبيرة جداً لأن بالمنطقة تجعدات وانخفاضات وارتفاعات عديدة وان تخطيط الترعة الرئيسية يسير من مرتفع إلى منخفض ومن منطقة صخرية إلى منطقة صخرية متحللة صلبة أو إلى منطقة رملية سافية مما يزيد فى قيمة تكاليف المشروع رغم أن الأراضى الزراعية به محدودة القيمة من الوجهة الزراعية — ولكن بالنسبة لأن أهالى العلاقي كانوا النواة فى عدم الهجرة من هذه البلاد وأول المروجين للمشروع رأت الحكومة أن تنفذه ولكن على مقياس صغير بأن يكتفى بزمام قدره نحو ٧٣٠ فدانا بين كنتور ١٢٨ و ١٢٢ ويكون للرى الشتوى فقط إذ يكون مقدار الرفع قليلا بسبب ارتفاع مياه الخزان .

أنشىء بالمشروع ترعة رئيسية واحدة طولها سبعة كيلو مترات واثنى عشر فرعا مجموع طولها خمسة كيلو مترات .

تمر الترعة الرئيسية فى مبدئها بمنطقة صخرية منحطة وخوفا من حصول رشح إذا ما عملت لها جسور بأتربة من بين الطبقة الصخرية الأصلية والأتربة الحديثة خصوصا وأن الأتربة السوداء تكاد تكون معدومة هناك لهذا اضطر الحال لبناء حائطين بطول نحو ٣٠٠ مترا — وبعد هذه المسافة عبرت الترعة منخفضا كبيراً عملت للجسور به بنا كيت

أربعة مع تكسية داخلية بالمونة وبعد هذا أخذت الترعة تمر فى أراض مختلفة الأنواع منها الرملى ومنها الحجرى ومنها ذات نوع خاص عبارة عن صخور منحلة يدعوها العامة « بلنفة » وقد كانت هذه الطبقة أصعب فى قطعها من الصخر — والطريقة المثلى لقطعها أن تغمر بالماء وتبقى مغمورة فترة من الزمن حتى تتفكك ثم تحفر طبقة بعد أخرى — ولكن أين لنا بالماء وهو يبعد بضعة كيلو مترات من محل العمل - وكان ينقل بالسيارات للأعمال الصناعية ولشرب العمال على مسافات كبيرة .

والطريقة التى استعملت فى قطع تلك الطبقات هى الديناميت بينما الصخر كان يقطع بالبارود العادى .

ولم تنتظم المنطقة إلا فى نهايتها من الجهة الشرقية .

أما فروع الرى فكان العمل بها بسيطا لصغر حجمها وعدم تعميقها للطبقات السفلى و بالنسبة للسقوط الهائل فى المناسيب عمل لها هدادير من أبسط الأنواع بالدبش بالمونة ودراوى بالخرسانة .

وقد اتبعت طريقة عمل ترعة رئيسية واحدة وفروع صغيرة ذات هدادير ولم تعمل ترع متوازية متعددة للأسباب الآتية : —

(١) الوجهة الاقتصادية فى التكاليف لأن معظم التكاليف كانت فى الترعة الرئيسية أما الفروع فتكاليفها قليلة نسبيا .

(٢) أن الوفر فى القوى إذا اتبعت الطريقة الثانية لا يذكر لأن

القوة الأصلية فى الرفع للمنطقة كبير وتقليل مترين أو أكثر لا يقدم ولا يؤخر فى تصميم الطامبات .

(٣) إن مساقى الرى التى يقوم بعملها الأهالى فى الحالة الثانية ستكون عمودية على الترع أى فى اتجاه انحدار المنطقة فعلاوة على أن الأهالى لا يمكنهم القيام بصيانتها بسبب السقوط الذى فيها فانها أيضاً تتلف الأراضى التى حولها إذا لم تعمل بطريقة فنية — ولكن فى الطريقة التى اتبعت ستكون المساقى عمودية على الفروع أى فى مستوى واحد بدون سقوط ومن السهل صيانتها.

وقد جربت الطريقة الثانية مزارع جلالة الملك بانشاص وعدل عنها واتبعت طريقة الترعة العالية والفروع ذات الهدادير لصلاحيتها خصوصا فى الأراضى الرملية .

والصورة ٩ تبين منطقة العلاقى

« ١٠ المجرى البنائى فوق الصخر

« ١١ تبين هدادير فروع العلاقى

« ١٢ خزان الماء المعد لملء السيارات المخصصة لنقل الماء للعمال والأعمال الصناعية .

منطقة الدكة

منطقة صحراوية على يسار النهر وموازية له إلا أنها يفصلها عن المجرى حدب مرتفع .

عمل لها مشروع للرى المستديم فى مساحة نحو ٥٥٠ فدانا والمنطقة واقعة بين كنتور ١٢٧ و ١٣١٫٥٠ وانحدارها نحو النهر وطولها نحو خمسة كيلو مترات وعرضها نحو نصف كيلو متر وهى منتظمة الانحدار تظهر للرائى كأنها منبسطة ولا تحتاج لكثير عناء فى تفليحها وترتيبها للزراعة .

أنشىء بها وصلة طولها نحو ٣٠٠ر ك بنهاية مواسير الطرد ثم يتفرع من هذه الوصلة فرعان رئيسيان أحدهما لليمين والآخر لليسار وبالفرع القبلى ثلاثة أفرع صغيرة وبالبحرى فرعان صغيران .

ومجموع طول الترع والفروع فى هذه المنطقة ستة كيلو مترات ولم توضع مواسير الطرد فى إحدى طرفى المنطقة لأنهـــا من الجهة البحرية تكون طويلة جدا ومن الجهة القبلية يوجد ساحل زراعى كبير تنحسر عنه المياه أثناء الفيضان ولا يمكن العوامة من الاقتراب من المنطقة .

وقد عملت فروع هذه المنطقة على نحو ما عمل فى فروع العلاقى (أى بطريقة الهدادير) .

والتربة تقرب كثيراً من تربة أرض العـلاقى التى بعضها صخرى والبعض الآخر حجرى متحلل أو رملى .

ولم تصادفنا صعوبات تستحق الذكر فى هذه المنطقة .

والصورة ١٣ تمثل المنطقة

« ١٤ « بيارة الطرد

« ١٥ « مجموعة التوزيع للفرعين القبلى والبحرى .

بلانه

وتقع فى الطرف القبلى لمركز الدر — وهذه المنطقة واسعة النطاق تبلغ مساحتها نحو ستة آلاف فدان إلا أن جزءاً كبيراً منها مشغول بكيمان أثرية عديدة هرمية الشكل تعرف بالكروبيرات وهى عبارة عن مقابر من العهد المسيحى يبلغ ارتفاع بعضها نحو عشرين متراً وقطرها أربعين متراً . وقد كان للحكومة فى الخمس سنوات الماضية حفريات كبيرة فى هذه الكيمان وقد عثروا على كثير من الآثار القديمة وهى محفوظة الآن فى غرف خاصة بدار الآثار المصرية .

وهناك أيضاً جزء كبير من مساحة هذه المنطقة به كثبان هائلة من الرمال السافية من الصحراء الغربية ويتخلل هذه الكثبان مساحات متفرقة من الأراضى الجيدة التربة التى هى بلا شك مكونة من طمى النهر — اللهم ما كان فى المنطقة الصحراوية فوق منسوب ١٢٢ .

وقد كانت هذه المنطقة عامرة فيما مضى بدليل وجود عدد كبير من الأشجار مختلفة الأنواع كالدوم والسنط والعبل مطمور الآن تحت الرمال وقد تحللت تلك الأشجار على مضى الزمن وأصبحت أخشابها وأوراقها هشيما هشاً يستعمله الزراع فى الوقت الحالى لتسميد أراضيهم الزراعية .

كما أنه يوجد عدد كبير من الآبار الرومانية معظمه مردوم الآن وغير ظاهر . وفى سنة ١٩١٢ قام جناب المستر ما كلوب الذى كان مكلفا بمأمورية تعويضات التعلية الأولى بفتح بئر من هذه الآبار وأقام عليه ساقية تدار

بالمواشى وذلك لعمل تجربة زراعية بهذه المنطقة على نفقة الحكومة إلا أن التجربة لم تنجح بسبب فداحة المنصرف بالنسبة للانتاج لأن الرفع من الآبار يحتاج لمجهود كبير من جهة وبسبب شدة وطأة السافى من الرمال على الزراعة من جهة أخرى . لهذا بيعت المواشى فى السنة التالية وصرف النظر عن المشروع وبقيت المنطقة جميعها بورا سواء أكانت الأراضى المملوكة للأهالى أو المملوكة للحكومة داخل الزمام وخارجه . وبعمل المباحث اتضح أنه يمكن زراعة نحو ٢٢٠٠ ف فى نقط متفرقة من الزمام بطول اثنى عشر كيلو متراً .

عملت لهذه المنطقة طلمبات عائمة وقد كان من الممكن إقامة طلمبات ثابتة لها خصوصا وإن هذه المنطقة من المناطق التى عمل لها جسور لوقايتها من الغمر غير أنه كان للصعوبات التى لاقيناها لاختيار موقع الطلمبات دخل كبير فى جعل هذه الطلمبات عائمة أسوة بباقى طلمبات النوبة فان مجرى النهر تجاه هذه المنطقة مضطرب جداً ويتغير سنة بعد أخرى فاذا رؤى فى أى وقت ضرورة لنقل المأخذ أمكن ذلك بأقل ما يمكن من التكاليف .

وحتى عند اختيار موقع الطلمبات العائمة تقرر وضعها فى موقع يقع قبلى الموقع الذى يتحكم فى المنطقة بمقدار نحو كيلو متر رغم مرور الترعة الرئيسية فى هذه المسافة بأرض رملية مرتفعة وفى ذلك من التكاليف ما لا يخفى .

أنشىء بهـــذه المنطقة ترعة رئيسية طولها ثمانيـــة كيلو مترات وثلاثة عشر فرعا للرى مجموع طولها ١٨ كيلو متر .

ومن ضمن هذه الفروع وصلة تخترق المنطقة من الشرق إلى الغرب وقد اخترقت هذه الوصلة منخفضا لا مناص من اختراقه لتوصيل المياه لمنطقتين إحداهما فى الجهة الشمالية منحصرة بين الجبل الغربى وبين صف من كثبان الرمال . والمنطقة الأخرى فى الجهة القبلية وهى صحراوية عالية تقع بين كنتور ١٢٢ و١٣٤ ومساحتها نحو ٧٠٠ فدانا . وهذه المنطقة الأخيرة عمل لها طلمبة ثابتة ترفع رفعا ثانويا من الوصلة المذكورة الذى فيضانها ٥٠ر١٢١ وتطرد فى ترعتين إحداهما العالية ومنسوب فيضانها ١٣٤ والأخرى واطية ومنسوبها ١٢٧ على أن تعطى المياه لكل من الترعتين بالتناوب . وقد اتبعت هذه الطريقة فى هذه الحالة ولم تتبع نفس الطريقة التى استعملت فى منطقتى الدكة والعلاقى (أى طريقة الهدادير) لأن الفرق فى مقدار الرفع بين الترعتين كبير جداً ففى الترعة الأولى ١٢ متراً وفى الثانية ٦ متر .

أما فى الدكة والعلاقى فالفرق بسيط لا يستحق الذكر علاوة على الأسباب الأخرى التى ذكرناها عند الكلام على تلك المناطق .

ولا غبار على مشروع الرى بهذه المنطقة سوى استمرار طغيان الرمال السافية وما تستلزمه من استمرار الصيانة للترع والفروع . وربما بعد اتمام زراعة المنطقة تتحسن الحالة بعض الشىء .

والرسم ١٦ يبين منطقة بلانه

« ١٧ « بيارة الطرد

« ١٨ « جرف النهر وارتفاع الرمال السافية والأشجار المطمورة وسط الرمال .

« ١٩ « قنطرة التغذية من النيل عند ارتفاع مياه الخزان .

المقننات المائيـة

لم يكن لدينا عند تحضير المشروعات أى معلومات لمعرفة المقننات المائية الواجب جعلها أساسا لتصميماتنا ففى مذكرة معالى شفيق باشا عن هذه البلاد قرر معاليه أن المقنن المائى أقصاه ١٠٠ متر مكعب للفـدان الواحد يوميا .

وقد بنى معاليـه هذا المقنن على أساس الطلمبة التى سبق أقامتها بمنطقة عنيبه شركة كوك والطلمبة الأخرى التى أقامها أحد الأهالى المدعو عبد الرحمن افندى فى هذه المنطقة وقد أزالت شركة كوك طلمبتها من زمن بعيد أما عبد الرحمن افندى فلم يقم بتشغيل طلمبته منذ زمن بعيـد أيضا لعدم نجاح مشروعه وما زالت الآلة البخارية التى كانت تديرها مطمورة الآن فى وسط الرمال على شاطىء النهر بموقعها الأصلى .

وكانت الطلمبة قطر ١٢ بوصه تزرع ٦٠ فدانا فى فيضان سنه ١٩١٢ وتعطى رية واحدة كل اثنى عشر يوما وتشتغل ٩ ساعات فقط فى اليوم

وقدر معاليه أن مثل هذه الطلمبة تعطى فى هذه المدة يوميا ٦٤٠٠ متر مكعب فيخص الفدان الواحد فى الرية الواحدة :

$\frac{٦٤٠٠ \times ١٢}{٦٠}$ = ١٢٨٠ مترا مكعبا وبما أن الفدان يروى كل اثنى عشر يوما فيكون المقنن عبارة عن ١٠٠ متر مكعب فى اليوم تقريبا ونسب علو المقنن إلى نوع الأرض الرملى ذات المسام الواسعة علاوة على شدة الحرارة التى قد تصل فى هذه الجهات إلى درجة ٥٠ فى الظل وما يتبع ذلك من زيادة فى معامل التبخر .

بنى هذا التقدير قبل التعلية الثانية للخزان وقبل أن تغمر هذه المناطق بمياه الخزان المعلى . أما وهذه المناطق تمكث مغطاة بالمياه فترة طويلة كل عام فان هذا المقنن يجب تخفيضه كثيراً .

ومع أن المقنن الذى اعتبرناه أساسا للتصميم فى المناطق التى ستزرع زراعة فعلية فقط بعد انحسار مياه الخزان عنها هو ٦٥ مترا مكعبا للفدان وأن تدار الطلمبات ١٢ ساعة فقط فى اليوم فقد اتضح بالتجربة أن هذا المقنن الأخير لم يزل عاليا ولذلك أمكن تقليل مدة الادارة وفى الوقت نفسه أمكن للأهالى التوسع فى الانتفاع بمياه الطلمبات ففى منطقة توشكى غرب مثلا أصبح الزمام ٧٠٠ فدانا بدلا من ٥٠٠ فدانا التى كانت مقررة بادىء ذى بدء .

وقد حسبت المقننات المائية فى منطقتى الدكة وبلانة اللتين عمل لهما مشروعات للرى المستديم على أساس ٥٤ متر مكعب للفدان الواحد من

الزمام الكلى فى اليوم على أساس عمل دورات زراعية كالمتبع فى غير هذه المناطق الزراعية مع إدخال معامل جديد هو أن هذه المناطق صحراوية وتحتاج لزيادة فى كمية المياه المستهلكة .

وفى منطقة العلاقى التى عمل لها مشروع للرى الشتوى فقط فعلى اعتبار أن الزمام الكلى سوف يكون منزرعا جميعه فى وقت واحد وأن هذه المنطقة كثيرة الانحدار فقد عمل المقنن المائى باعتبار ٦٥ متر مكعب وعلى أن تدار الطلمبات ١٥ ساعة فى اليوم .

ولغاية الآن لم نتمكن من معرفة صلاحيـة هذه الأرقام لأن هذه المناطق فى دور الاستعمار ولم يتم إصلاحها واستثمارها بعد بسبب قلة الأيدى العاملة من جهة وما تحتاج إليـــه من مجهود من جهة أخرى لذلك فإن طلمبات بلانة والدكة والعلاقى ما زالت تشتغل مدة أقل من المقـدر لها فى التصميم .

كلمة موجزة عن حالة الزراعة بعـد عمل المشروعات

ولو أن مناطق توماس وعنيبة بحرى وقبلى وتوشكى شرق وغرب حرمت من الزراعة الشتوية إلا أن محصول الزراعة النيليـة عوض على أهليها ما فاتهم أضعافا . لأن معظم أراضى هذه المناطق خصوصا عنيبة وتوشكى . كانت فيما مضى بوراً لعدم مقـدرة الأهالى على زراعتها . ويقدر محصول الذرة بها الآن بنحو ١٥ أردبا للفدان .

كذلك قد صار زراعة نحو ٧٠٠ فدان لغاية الآن بمنطقة بلانة بنجاح

ولا حاجة لشرح الأسباب لأن أراضى هذه المنطقة من أجود الأراضى لولا ما يهددها من سافى الرمال .

أما منطقتا الدكة والعلاقى الصحراويتان فمع بذل مجهود صادق فى تسميد أراضيها وتفليحها جيداً سوف تنجح تماما وقد كان محصول الذرة فى منطقة الدكة فى الفيضان الماضى يقدر بنحو خمسة أرادب للفدان .

أما منطقة العلاقى فيعتبر الشتاء المقبل بدء العمل الجدى بها وقد أتى النوبيون ببعض أهالى الوجه القبلى للقيـــام بتصليح أراضيها وتحضيرها للزراعة نيابة عنهم .

ومما يجب ذكره هنـا أنه بالنسبة لتخوف الأهالى من ملء الخزان مبكراً يقومون ببذر تقاوى الزراعة النيلية قبل أن تجف الأرض تماما بعد انكشافها لذلك تنمو الديدان وتترعرع وتضر بالمحصول النيلى كما حصل فى منطقة توماس هذا العام خصوصا وليس لدى الأهالى وسائل لحرث الأرض وتعريضها لحرارة الشمس حتى تجف قبل زراعتها وقد أحيطت وزارة الزراعة بذلك لتشير بما يلزم عمله لتلافى هذه الحالة .

أدوات البناء فى بلاد النوبة

القرية النوبيـة مبنية إما باللبن (ليس الطوب النى بل الجالوص) وقليل من المبانى بكسر الأحجار الرملية بمعونة الطين أيضا والمعابد المصرية القديمة جميعها مبنى بالحجر الرملى النوبى المنحوت نحتا جيدا — ولا يوجد ببلاد النوبة أى عمل هندسى حديث العهد كما لا يخفى .

وجميع أحجار الجبال فى بلاد النوبة رملية من النوع المعروف بالحجر الرملى النوبى ويوجد الجرانيت فى مسافة الخمسين كيلو مترا التى تلى الخزان جنوبا بنواحى الشلال ورابود والكلابشة وابو هور وأجود أنواع الجرانيت يوجد عند مضيق الكلابشة حيث لا يتجاوز عرض المجرى هناك عن ١٥٥ متراً وعمقه لا يقل عن ٣٣ مترا فى فصل التحاريق (أى بعد تفريغ الخزان) .

والحجر الرملى النوبى يعتبر من الأحجار الرديئة بسبب ما يتخلله من طبقات المارل Marl ذات الألوان المختلفة كالأصفر والبنفسجى وتظهر تلك الطبقات بوضوح عند معبد ابو سنبل المنحوت فى الصخر فان طبقة من المارل تقع فوق كورنيش المعبد وطبقة أخرى عند ركب التماثيل الأربعة وقد تآكلت الركب فعلا وبسبب وجود طبقة بالقرب من رأس التمثال الثانى على يمين المعبد سقطت الرأس كما أن رأس التمثال الأول مهددة بالسقوط أيضا (صورة ٢٠) .

وكلما كان الحجر الرملى النوبى ثقيلا كلما كان قويا ومتينا ويحسن استعماله كتلا كبيرة .

وبسبب عدم وجود محاجر معروفة بهذه الجهات فحصت عدة نقط بواجهات الجبال فلم نعثر على أنواع جيدة تصلح للبناء بالقرب من أعمالنا إلا بعد بذل مجهود يذكر — وقد عثرنا على منطقة بالجهة الشرقية أمام معبد ابو سنبل ٢٩٥ ك ليست فى واجهة الجبل بل فى منخفض يغلب أن

يكون أحد مخرات السيول وقد استعملنا الأحجار المستخرجة من هذه النقطة فى معظم الأعمال التى قمنا بتنفيذها فى المنطقة القبلية .

وفى الجدول الآتى مقارنة بين الأحجار الرملية النوبيـة وغيرها من الأحجار الجيرية والجرانيت :

النوع	وزن المتر المكعب بالكيلوجرام	مقاومة الحجر للتفتيت بالكيلوجرام على السنتمتر المربع	درجة امتصاص الحجر للماء من وزنه جافا
الأحجار الرملية النوبية	١٨٨٠	١٨٣	٣١ر١٠٪
الأحجار الجيرية بطره	٢٣٨٠	٥٥١	٢٨ر٣٪
الجرانيت	٢٧٠٠	١٤٠٠	٢٠ر٠٠٪

وقد جربنا صناعة الطوب الأحمر الصفرة للأعمال الصناعية بمشروع الرى بمنطقة بلانة وقد نجحت صناعته من الطينة المأخوذة من جروف النهر مخلوطة برمل الجزائر الناعم وعماد الخالطة السباخ الكفرى الذى أمكن الحصول عليـه من بقايا القرى الأثرية المندثرة فوق قمم الجبال المجاورة .

ويصعب فى بلاد النوبة الحصول على رمال حرشـة من النوع الجيد وكل ما هنالك الرمال السافية فى الجهة الغربية ويمكن البحث عن أجودها فى مواقع خاصة ترسب فيها الرمال الحرشة دون الناعمة لاستعمالها فى الأعمال الصناعية .

طلمبات الرى

قد يكون تطفلا منى كمهندس رى أن أتحدث إليكم عن الماكينات والطلمبات التى استعملت فى بلاد النوبة — والأولى منى بطرق هذا الباب أحد حضرات المهندسين الميكانيكيين الذين قاموا بالعمل — ولكننى سأتكلم عنها على قدر حاجة استقتفاء موضوع الرى اتماما للفائدة أما ميكانيكيتها وصنعها إلى آخره فسأتركه المختصين :

الطلمبات التى استعملت فى النوبة قسمان : قسم ذات رفع عال (حوالى ٢٤ مترا مانومتريا) والقسم الآخر ذات رفع متوسط (حوالى ١٠ أمتار مانومترين).

فأما الطلمبات ذات الرفع العالى فقد استعملت فى منطقتى الدكة والعلاقى — ففى منطقة الدكة يتفاوت الرفع الاستاتيكى بين ١٠ و٣٠ مترا إذ أن منسوب الطرد ٥ر١٣١ ومنسوب النهر يتفاوت من ٥ر١٠١ (عقب تفريغ الخزان مباشرة) و١٢١ (وهو منسوب التخزين).

وفى منطقة العلاقى يتفاوت مقدار الرفع بين ٠٠ر٧و٥٠ر١٧مترا إذ أن منسوب النهر وقت تشغيل الطلمبات للرى الشتوى يتفاوت من ٥ر١١٠ و١٢١ بينما أن منسوب الطرد حوالى ١٢٨ .

أما الطلمبات ذات الرفع المتوسط وهى التى استعملت فى باقى مناطق المشروعات فيتفاوت مقدار الدفع فيها بين متر وتسعة أمتار .

وقد عملت محطات الطلمبات جميعها على عائمات للاسباب الآتية :

أولا — لأنه فى المناطق المعتاد غمرها سنوياً لا يمكن عمـــل طلمبات ثابتة لأن مقدار ارتفاع الغمر فيها يبلغ من مترين إلى ستة أمتار — أما فى المناطق الأخرى فانه إذا كان المجرى ملتصقا بالمحطة وقت ارتفاع الخزان فانه يبعد عنها وقت نزوله بما لا يقل عن ١٥٠ متراً .

ثانيـاً — اتلافى زيادة مقـدار رفع المص « Suction lift » عن المسموح به والذى يجب عملياً أن لا يتجاوز خمسة أمتار مع أن مدى ارتفاع وانخفاض النهر « Range » يزيد عن ذلك كثيراً ففى منطقة الدكة مثلا يصل إلى عشرين متراً .

ثالثـاً — لإمكان تشغيل أى طلمبة مكان الأخرى لأى سبب كان.

رابعـاً — لإمكان جمع الطلمبات فى فترة الايقاف التى تزيد عن ثمانية أشهر فى بعض المناطق وجعلها تحت حراسة واحدة فى صعيد واحد حتى يحين موعد إدارتها فترسل كل طلمبة إلى موقعها .

ولقد عمل لـكل منطقة من مناطق توماس وعنيبة بحرى وقبلى وتوشكى شرقى وغرب طلمبة خاصة تصرفها ٧٥٠ لتراً فى الثانية تدار بواسطة ماكينة قوتها مائة حصان وقطر مواسـير الطرد ٨٠ سنتيمترا — ولهذه الخمسة طلمبات طلمبة واحدة بنفس الحجم بصفة احتياطى للطوارىء .

أما منطقتا الدكة والعـــلاقى فقد عمل لـكل منهما عوامة عليها

ماكينتان قوة الماكينة ٢٠٠ حصاناً لادارة طلمبتين تصرف الطلمبةالواحدة ٤٠٠ لترا فى الثانية وقطر مواسير الطرد ٧٠ سنتيمترا وطول هذه المواسير فى الدكة ١١٥٠ مترا وفى العلاق ١٢٥٠ مترا — وقد روعى فى إنشاء هاتين المحطتين أن كل طلمبة رفعها المانومترى عبارة عن نصف أقصى رفع مطلوب فيصير تشغيل ماكينة واحدة وطلمبة واحدة حتى رفع ٢٢ مترا مانومتريا أوطلمبتين على التوازى « inparallel » عند مضاعفة الاحتياجات على نفس الرفع — أما إذا زاد الرفع المانومترى عن ذلك حتى ٤٤ مترا فتشتغل الطلمبتان على التوالى « in series » وبذا تشتغل المحطة بكفاءة جيدة « Good efficiency » .

ويلاحظ أن الرفع المانومترى فى هاتين المحطتين يزيد كثيراً عن الرفع الاستاتيكى وهذا بالطبع ناشىء عن طول مواسير الطرد والفاقد بالاحتكاك فيها .

أما منطقة بلانة فقد عمل لها ثلاث عائمات أحدهم احتياطى وعلى كل عائمة طلمبتان تصرف الواحدة ٥٠٠ لترا فى الثانية وتدار كل طلمبة بواسطة ماكينة قوة ١٠٠ حصان وماسورة الطرد قطر ١٫١٠ مترا جامعة لماسورتين قطر كل منهما ٩٠ سنتمترا واحدة لطرد كل عوامة .

وبالنسبة لوجود منطقة داخلية تحتاج لرفع ثانوى فقد عمل لها محطة ثابتة مؤلفة من ماكينتين قوة الواحدة ١٥٠ حصانا تدير كل منهما طلمبة تصرفها ٥٠٠ لترا فى الثانية — وهذه الماكينات كانت مستعملة بمحطة

البصيلى التى صار كهربتها ضمن محطات الشبكة الكهربائية بشمال الدلتا .

والصورة ٢١ تبين عوامة منطقة الدكة ذات الرفع العالى

« ٢٢ « نفس العوامة بعد عمل صندوق خشبي لوقايتها .

« ٢٣ « عوامة توشكى شرق .

« ٢٤ « « عنيبة بحرى و بيارة الطرد بها .

« ٢٥ « « بلانة .

فأما طريقة اتصال الطلمبات بمواسير الطرد فبواسطة المواسير المرنة « Flepible pipes » التى يمكنها أن تنحنى ء قـــدار نصف متر لأعلى ونصف متر لأسفل بأمان وتتصل هذه المواسير المرنة إما لأبراج رأسية بها فتحات تبعد الفتحة عن الأخرى بمقدار متر أو لفروع أفقيـة متصلة بمواسير الطرد على شكل نتوءات كما هو ظاهر بالصورة ٢٣ الخاصة بعوامة توشكى شرق .

وتستعمل الأبراج فى المحطات التى فيها تفاوت كبير فى مناسيب النهر ارتفاعا وانخفاضا كما هو الحال بمنطقتى الدكة والعلاقى . أما الفروع الأفقية فقد استعملت فى المناطق الأخرى ذات التفاوت العادى فى مناسيب النهر .

وقد عمل فى منطقة الدكة خمسة أبراج وفى العلاقى ثلاثة صار تثبيتها على قواعد خرسانيـة متينة وقد اضطر الحال أثنـاء تركيب بعض هذه الأبراج أن عمل حول القواعد الخرسانية ستائر لوحية معدنية لوقوعها على طبقات رملية (صورة ٢٦) .

وقد عمل لمواسير الطرد الطويلة وصلات تمدد رصاصية عند اتصالها بالأبراج كذلك صار لفها بالخيش المقطرن من الخارج لوقايتها من التأثيرات الجوية . كذلك صار وقايتها من الحرارة بالردم عليها بالأتربة .

وقد روعى فى وضع هذه المواسير الطويلة تلافى الانكسار وأن تكون فى خط مستقيم لتقليل الفاقد بقدر الامكان وعدم التعارض مع اتجاه التمدد والانكماش روعى أيضاً أن تكون المواسير صاعدة بميل مناسب باستمرار ولذا اضطر الحال للحفر بعمق بضعة أمتار فى بعض مرتفعات والردم فى مواضع أخرى منحطة (صورة ٢٧) .

الجسور الواقية للمناطق القبلية

إن البلاد الأربعة القبلية من مركز الدر وهى إدندان وقسطل وبلانة وابو سنبل تعتبر من أغنى بلاد المركز وتتراوح مناسيب الزراعة بها بين ١٢١ و١٢٠ ولا تقل عن ١١٩ و بعضها يعلو منسوب — ١٢١ قليلا — أى أن معظم هذه البلاد ستعرض لغمر لا يزيد عن مترين باعتبار أقصى منسوب للتخزين — ١٢١ — لهذا رؤى أن تعمل الوقاية اللازمة لعدم غمرها لاسيما وأن قيمة التعويضات فى حالة الغمر سوف تتجاوز الثلثمائة ألف جنيه إذ أن بها نحو ١٩٠٫٠٠٠ نخلة و٢٥٠٠ فدانا معظمها منزرع ومساكن يبلغ عددها نحو ٢٨٠٠ منزلا . فاذا قامت الحكومة بعمل الجسور الواقية لوفرت مبالغ لا يستهان بها ولتحملت فقط تكاليف الوقاية وتعويضات الجروف وما سيؤخذ للمنافع ولأبقت على منطقة غنية بأراضيها ونخيلها

الجيد كنواة لهذه البلاد التى ستتلاشى عن آخرها وفى الوقت نفسه تترك أهالى هذه البلاد الأربعة وعددهم نحو ٧٢٠٠ شخصاً حسب تعداد سنة ١٩٢٧ قابعين مطمئنين فى بلادهم .

وفعلا قامت الحكومة بانشاء جسر بمنطقة إدندان يبلغ طوله نحو ثلاثة كيلو مترات وأخر ببلانة طوله ثمانيـــــة كيلو مترات وآخر بأبى سنبل وطوله ثمانيـة كيلو مترات أخرى وعملت للأول تكسيات بالدبش على الناشف وللثانى حائط ساند فى بعض أجزائه التى تعلو كثيراً عن أرض الزراعة وتكسيات عادية للأجزاء الأخرى أما جسر ابو سنبل وهو أكثرها أهمية فقد عمل له حائط ساند فى كامل طوله .

وقد بلغت تكاليف جسر ابوسنبل نحو ٣٥٠٠٠ ج وبحصر الممتلكات التى وقاها هذا الجسر من الغمر وجد أن قيمتها ١١٥٠٠٠ ج فكأن الحكومة وفرت ٧٠٠٠٠ ج سوف تنقص قليلا بسبب الأعمال التكميلية الجارية كما سيأتى بعد وذلك بخلاف الفائدة المعنوية لبقاء أهل هذه الجهة فى بلدتهم وحفظ كيان الكمية الهائلة من النخيل كما هى .

والجسر الواقى عبارة عن جسر ترابى عادى أخذت جميع أتربته من جرف النهر أمامه وعمل بعرض خمسة أمتار بمنسوب ١٢٢ أى أعلا من منسوب التخزين المقرر بمقدار متر واحد وبميل خلفى ٢ : ١ وعمل الحائط الساند أمامه من الحجر الرملى بمونة الأسمنت بنسبة ١ : ٤ بسمك ٨٠ سنتمتر من أعلى بمنسوب ١٢١٫٥٠ ورأسى من الخلف وبميل ٣٠ سنتمتراً

فى المتر من أمام وقد روعى فى هذا التصميم أهمية العمل و بعد هذه البلاد وفرض تقصير الصيانة المعتادة فى غيره من الجسور . وقد روعى فى تصميم الحائط أنه يمكن تعليتها لمنسوب ١٢٢٫٥٠ إذا ما أريد زيادة التخزين إلى ١٢٣ مستقبلا .

وقد عملت أمام الحائط دعامات لحمل مياه السواقى العديدة بالمنطقة جسمها ترابى مكساة بالدبش بالمونة وهى تعمل فى الوقت نفسه ككواسر لحدة الأمواج وقد ظهرت فائدتها بجلاء فى العام الماضى عند ما كان الخزان على أقصاه والأمواج على شدتها (صورة ٢٨) .

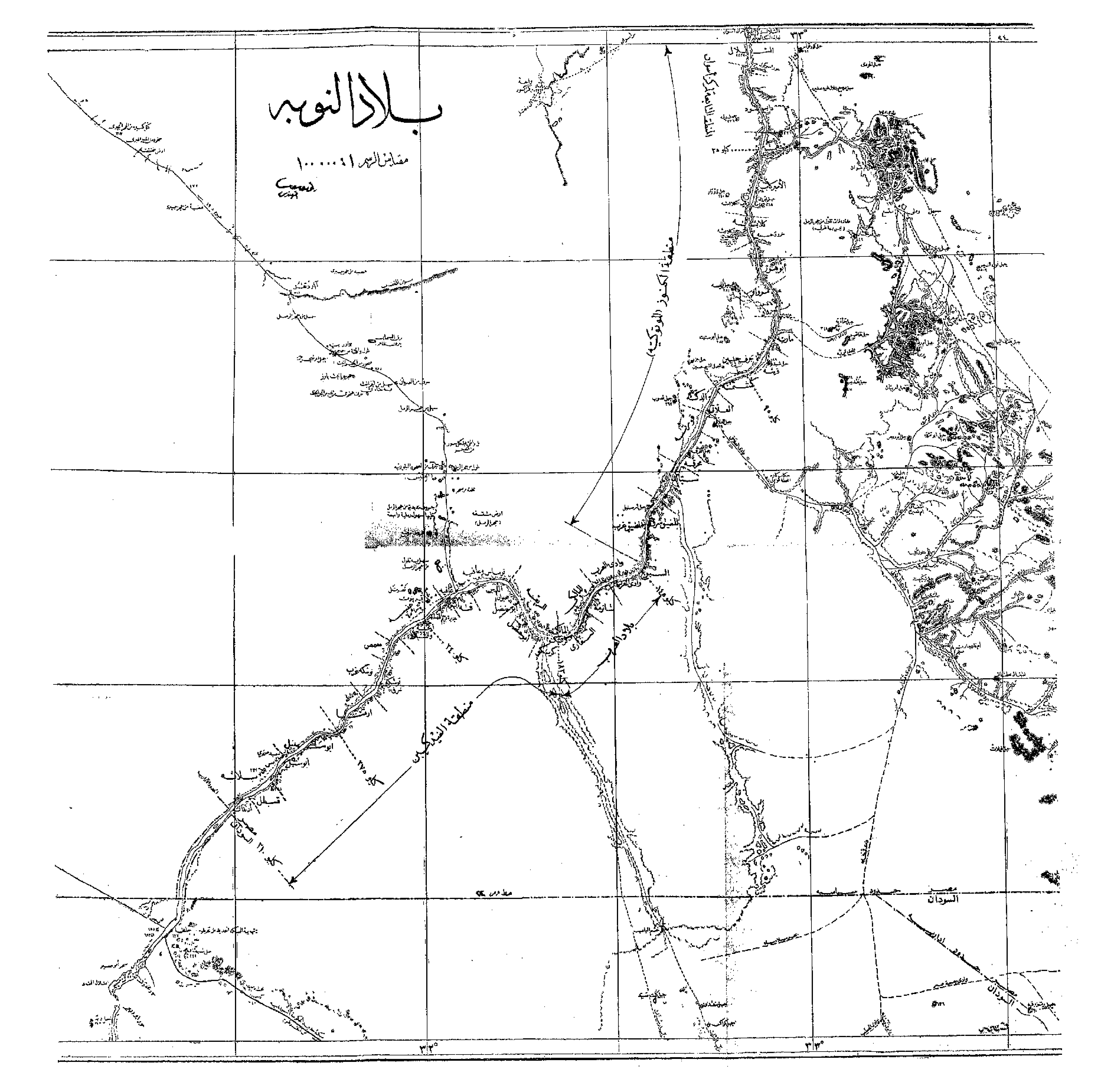
وقد عملت للحائط فواصل تمدد عديدة ورغم عشرات الفواصل المعمولة فانه لوحظ وجود تشققات شعرية نتيجة التمدد فى هذه البلاد الشديدة الحرارة بعضها لا يبعد عن فاصل التمدد بما لا نزيد عن متر ونصف فقط . ووضعت مواسير السواقى على منسوب ١٢١ .

وفى أثناء التخزين فى العام الماضى ظهرت مياه الرشح فى المنخفضات الموجودة بالمنطقة لأن التربة من النوع الخفيف وقد عملنا على تخفيفها ما أمكن بواسطة طلمبات نقالى صغيرة وفى هذا العام نقوم بعمل ترتيب مستديم للتخلص من مياه الرشح ليس فقط حتى لا تظهر مياه الرشح بالمنخفضات بل منعا من توالد بعوض الملاريا بها وذلك بعمل مصرف صغير بطول المنطقة وعلى بعد لا يقل عن ثلاثين متراً من الجسر يجمع مياه الرشح التى تصرف مدة التخزين بواسطة طلمبة صغيرة ثابتة تصرفها

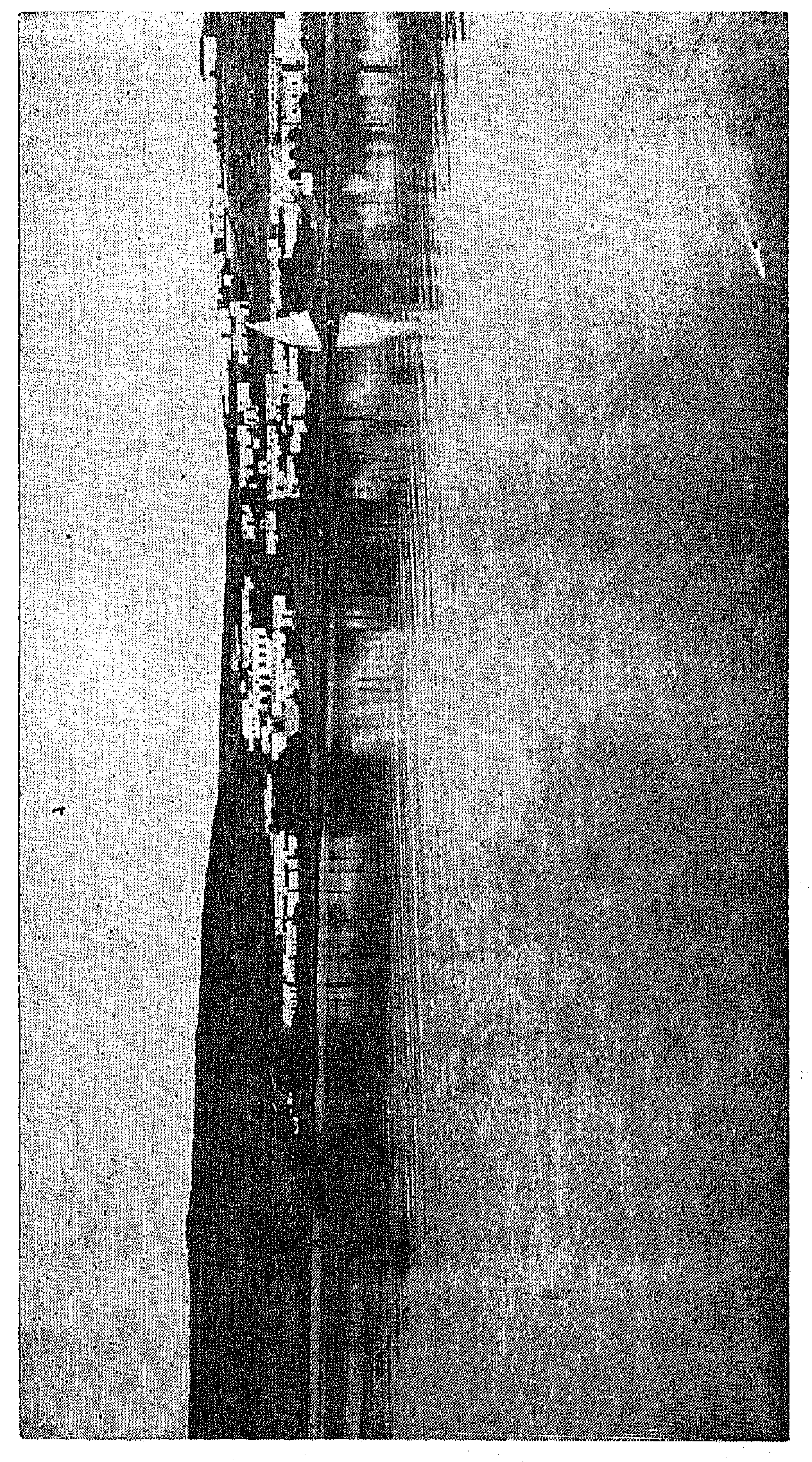
٢٠٠ لترا فى الثانية . كذلك قمنا بتعلية الحائط بمقدار ثلاثين سنتمتراً أخرى لانه ظهر أن الأمواج ترتفع كثيراً فى فترة التخزين ويخشى على الجسر الترابى منها . وعمل أيضاً زيادة فى الطمأنينة بتكبيت إضافى للجسر على منسوب ١٢٠ر٥٠ عرضه ٣ أمتار بأتربة ناتج حفر المصرف وبقليل من الأتربة جلبت من الجروف .

وكنا نعتقد أن النخيل ربما يتأثر من جراء المياه الراكدة تحته فى العام الماضى بسبب حدوث الرشح خصوصاً وأن النخيل يزرع دائماً فى المنخفضات كما هى العادة فى بلاد النوبة غير أننا علمنا أن هذا النخيل قد أتى بمحصول هذا العام يفوق كافة المحاصيل فى أى سنة من السنين السابقة مع العلم أن المياه كانت بسمك بضعة سنتمترات ولم تمكث راكدة إلا مدة يسيرة فى فترة ارتفاع مياه الخزان .

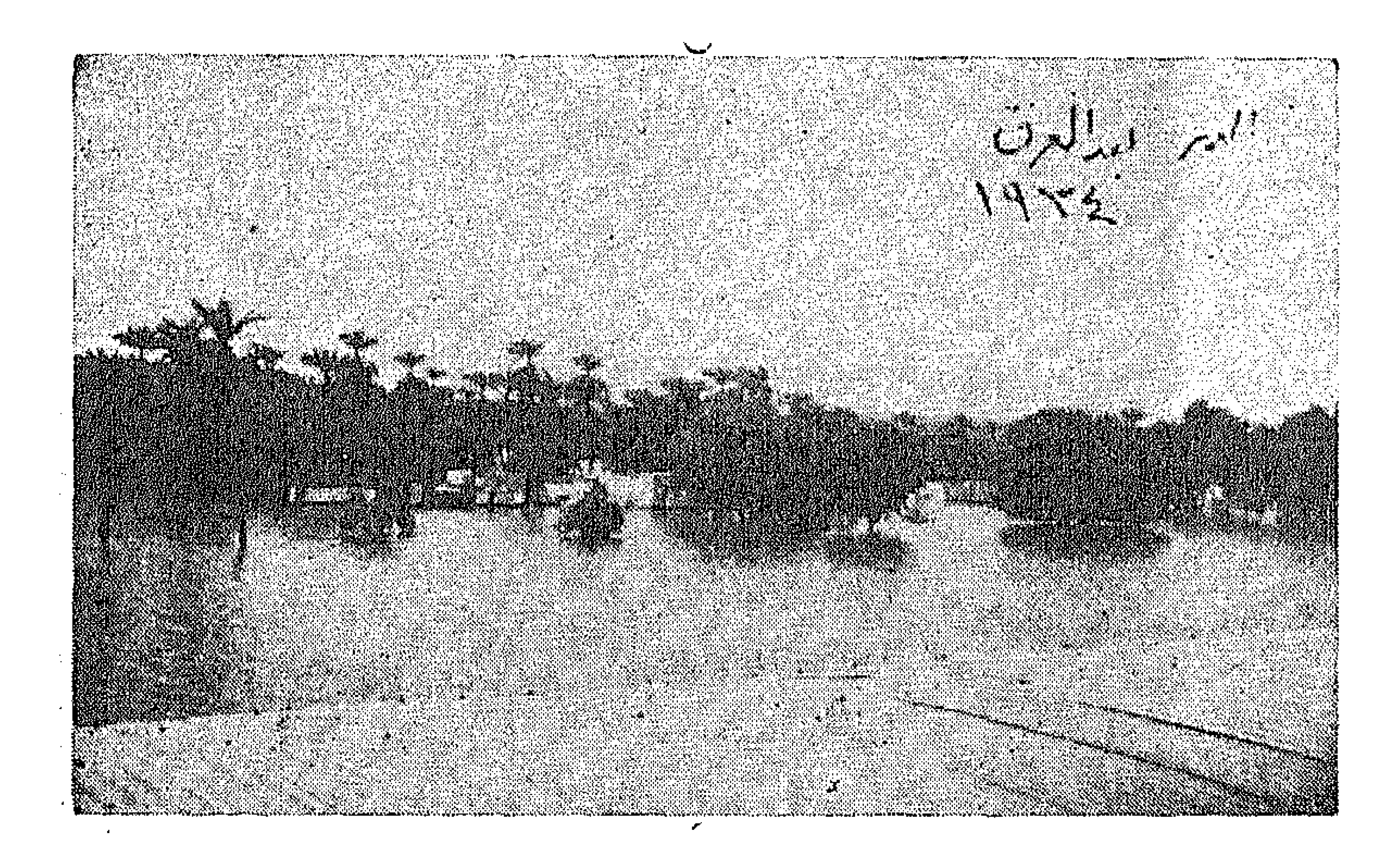
٣ — ١٢ — ١٩٣٥ يوسف سعد



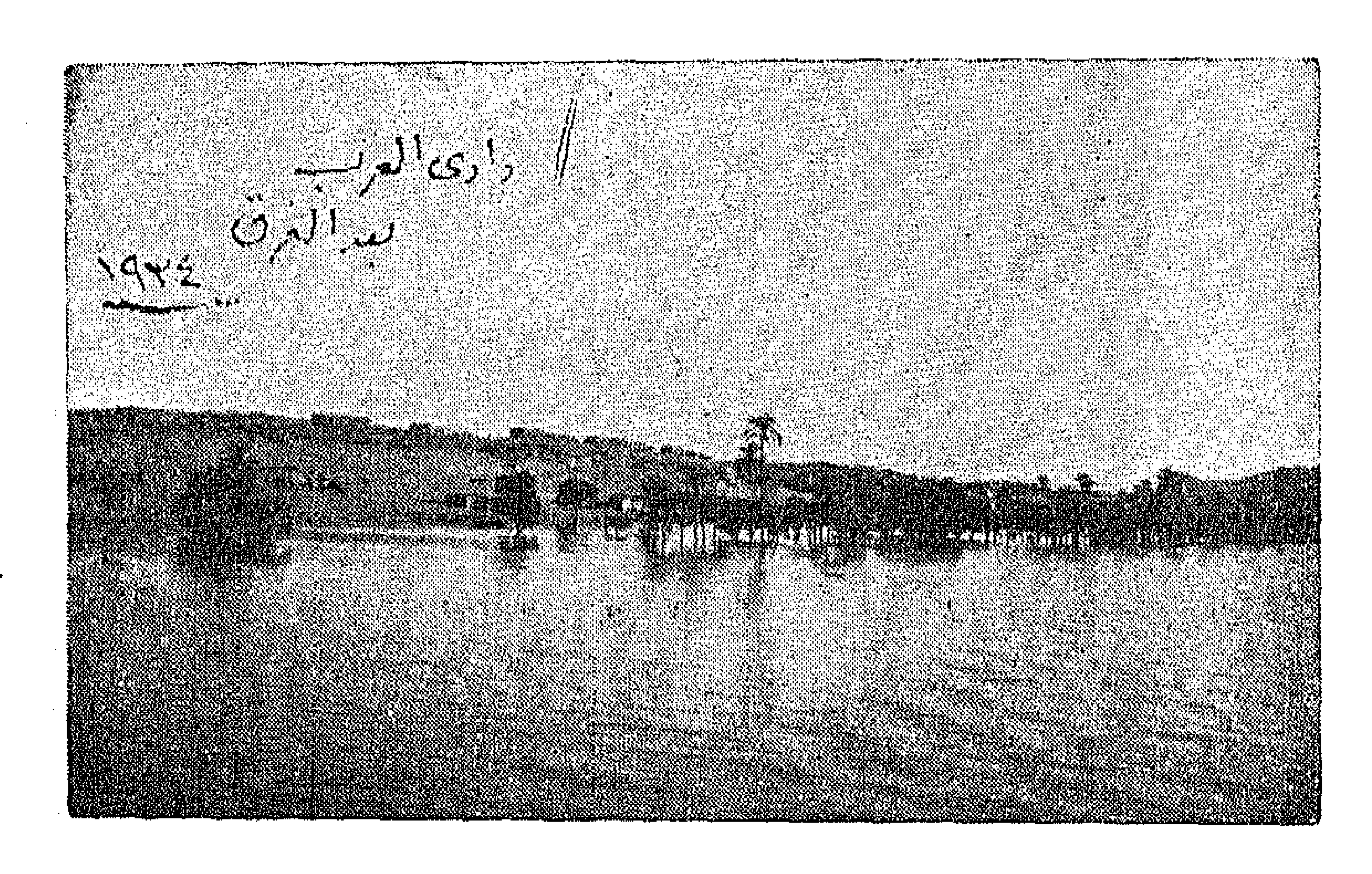
بلاد النوبة
مقياس الرسم ١ : ١٠٠٠٠٠٠
منطقة الكنوز (الوتوكية)
بلاد العرب
منطقة الفديكي
مصر
السودان



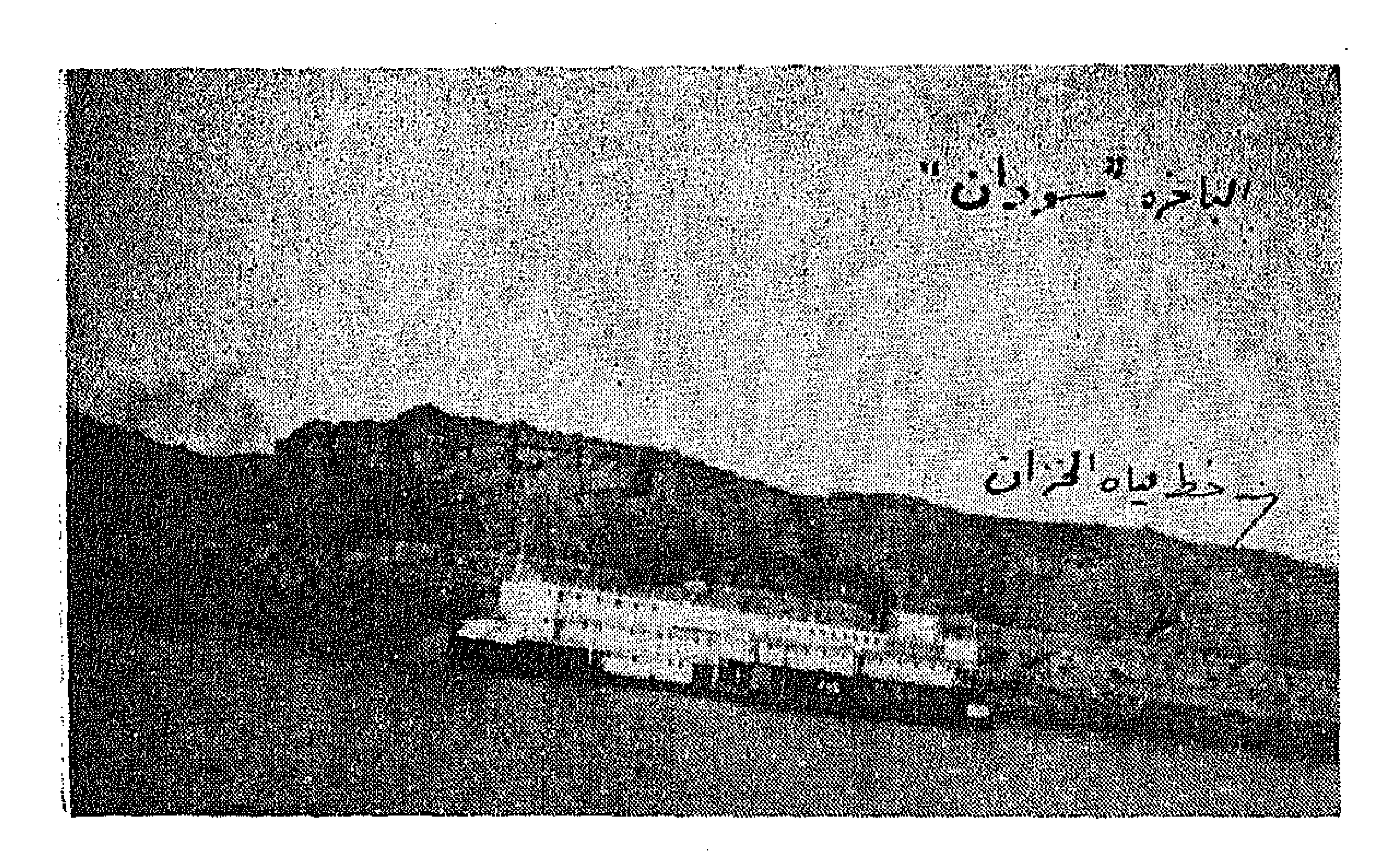
شكل (٢) منظر مساكن بلاد النوبة قبل غمرها بمياه التعلية الثانية



شكل (٣) الدر بعد الغرق .



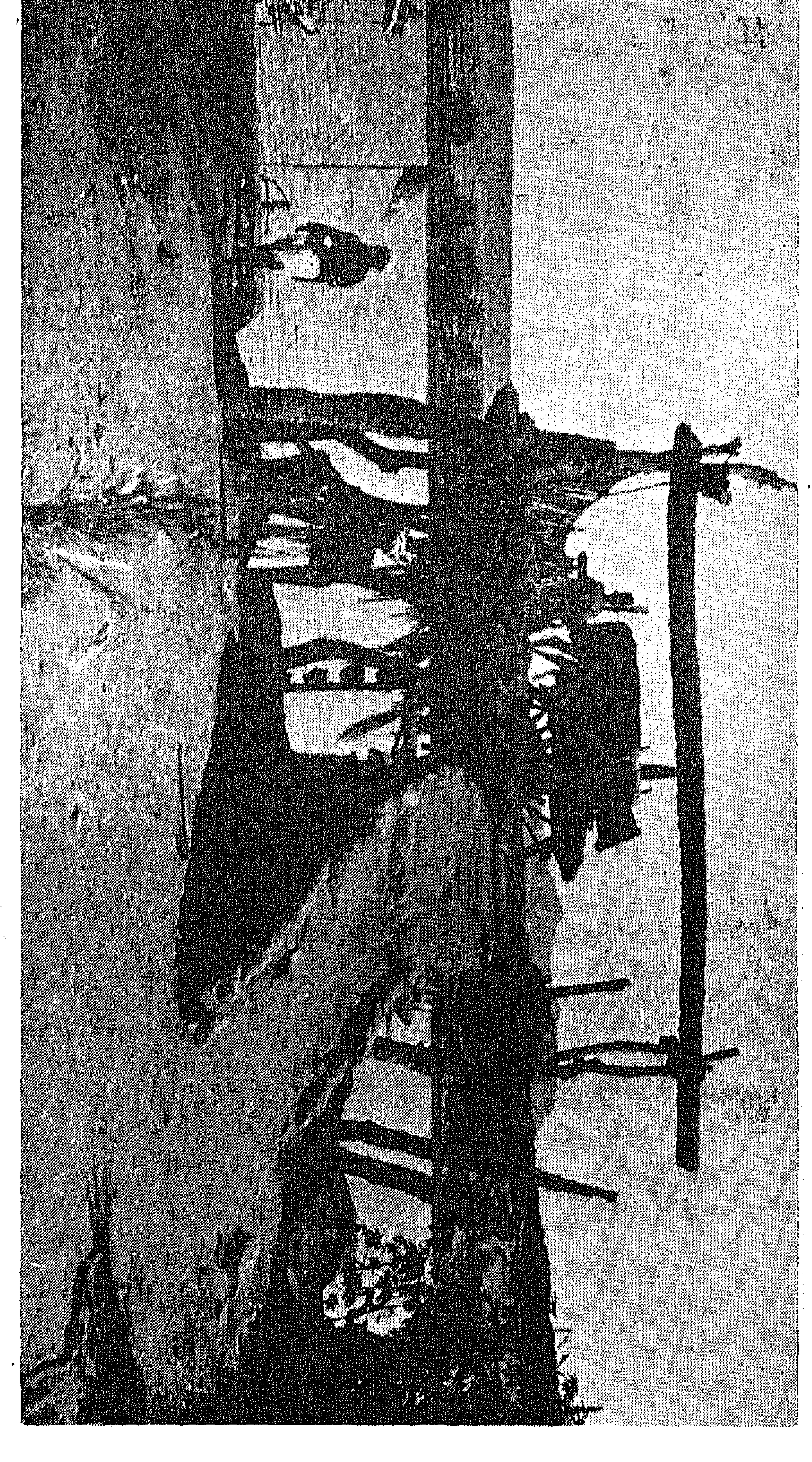
شكل (٤) وادى العرب بعد الغرق .



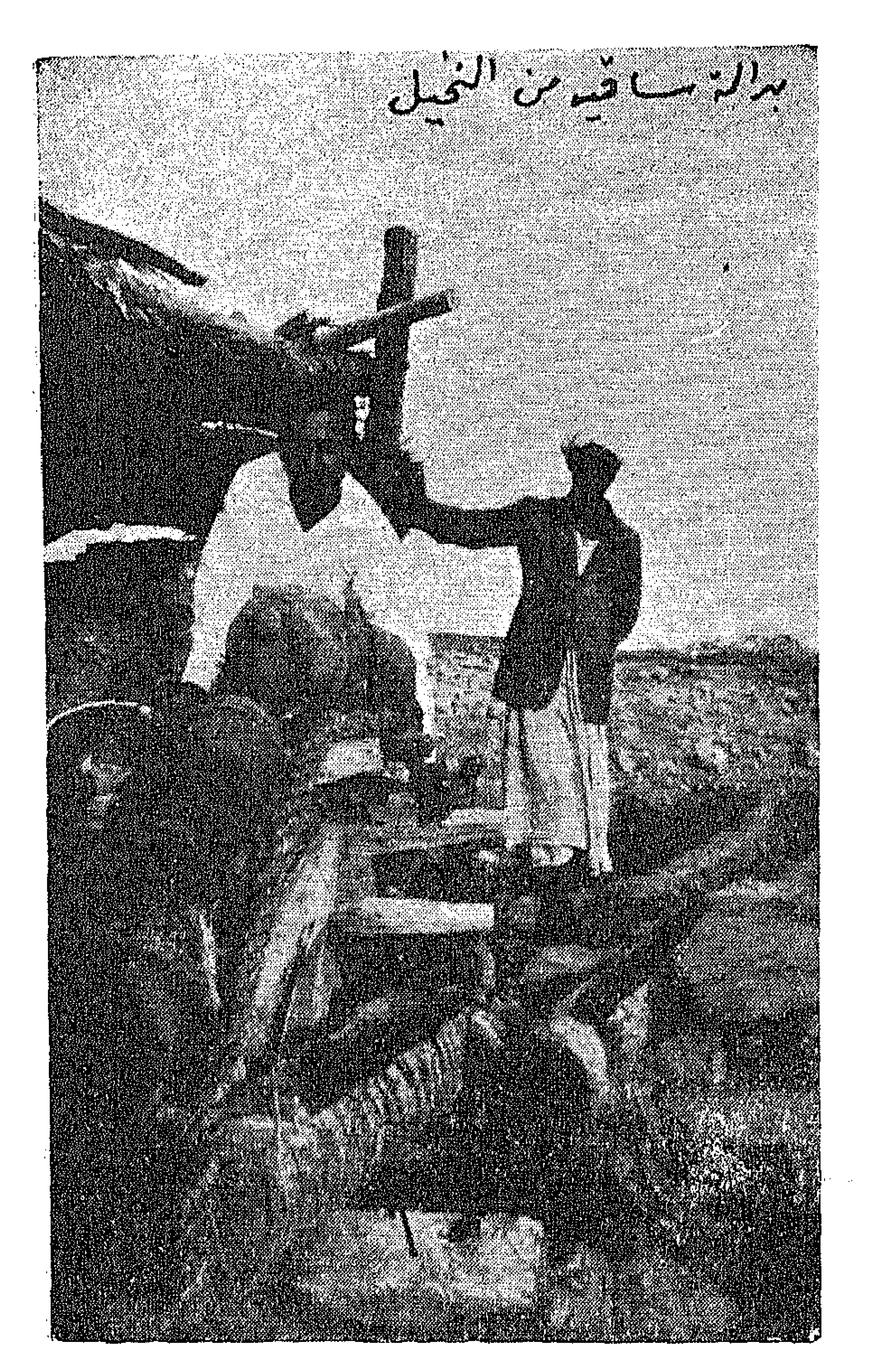
شكل (٥) خط المياه على الخزان



شكل (٦) ساقية نوبية

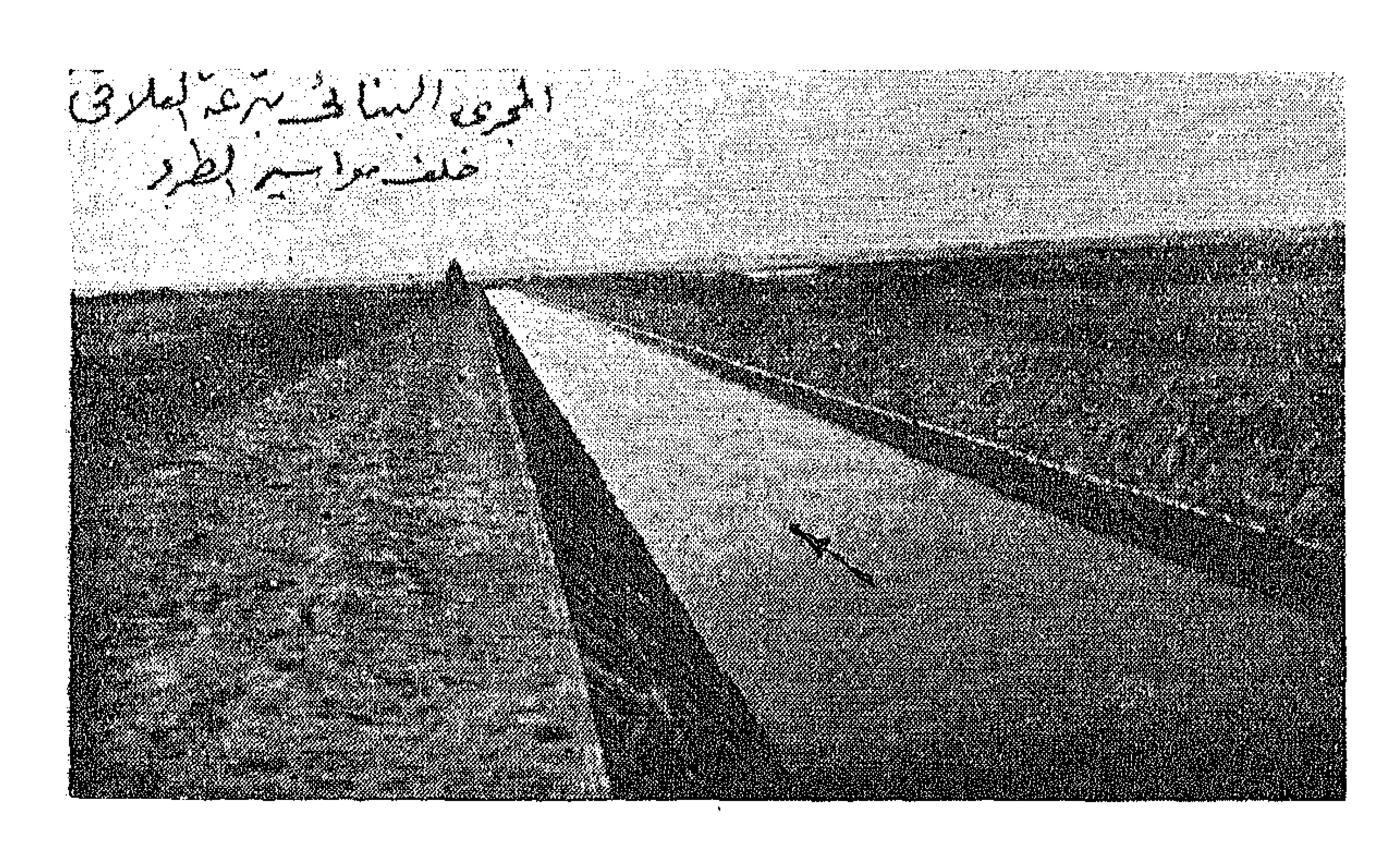


شكل (٧) ساقية مرفوعة على متاريس من جذوع النخيل .

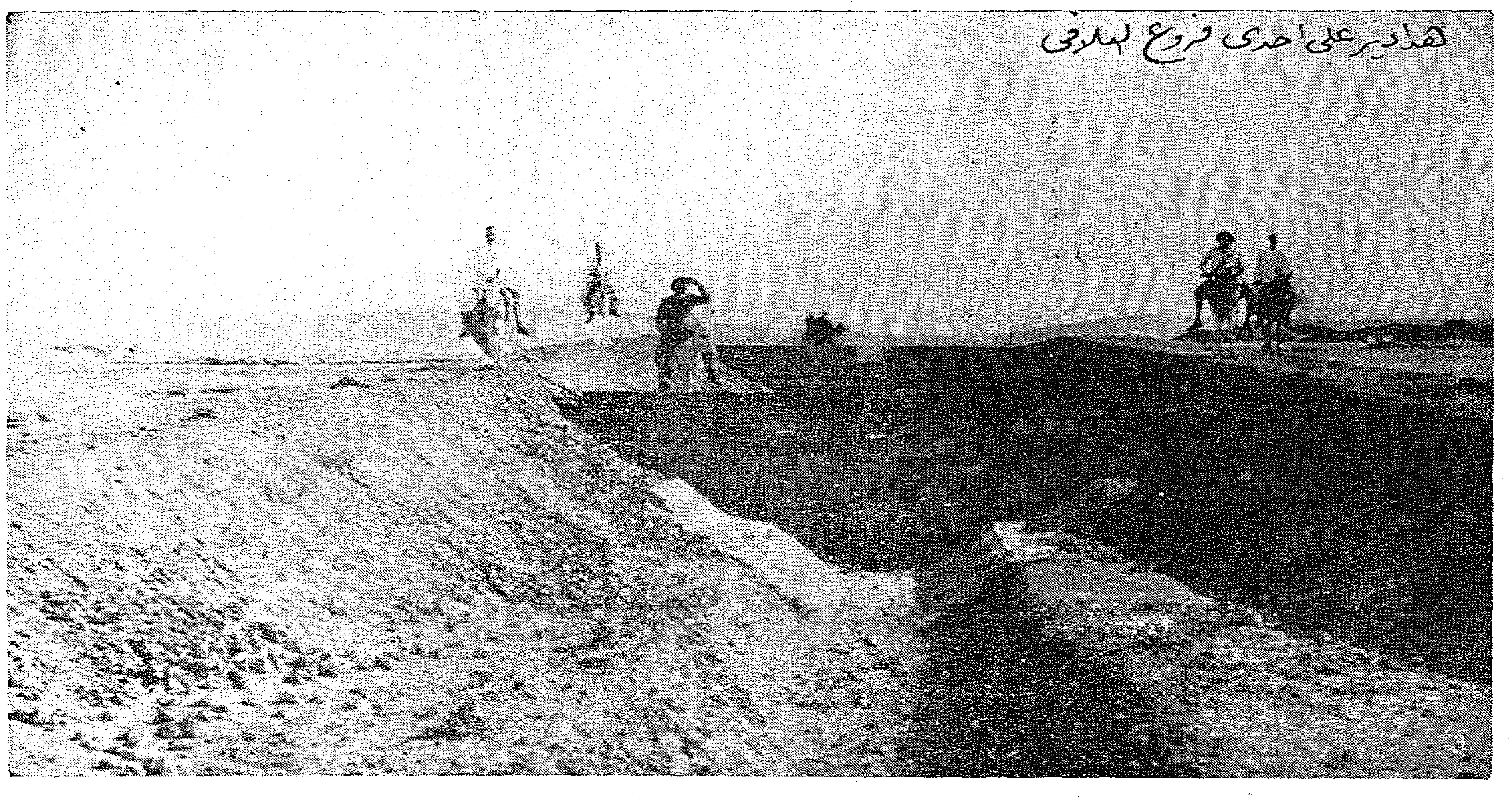


شكل (٨) بدالة من جذوع النخيل

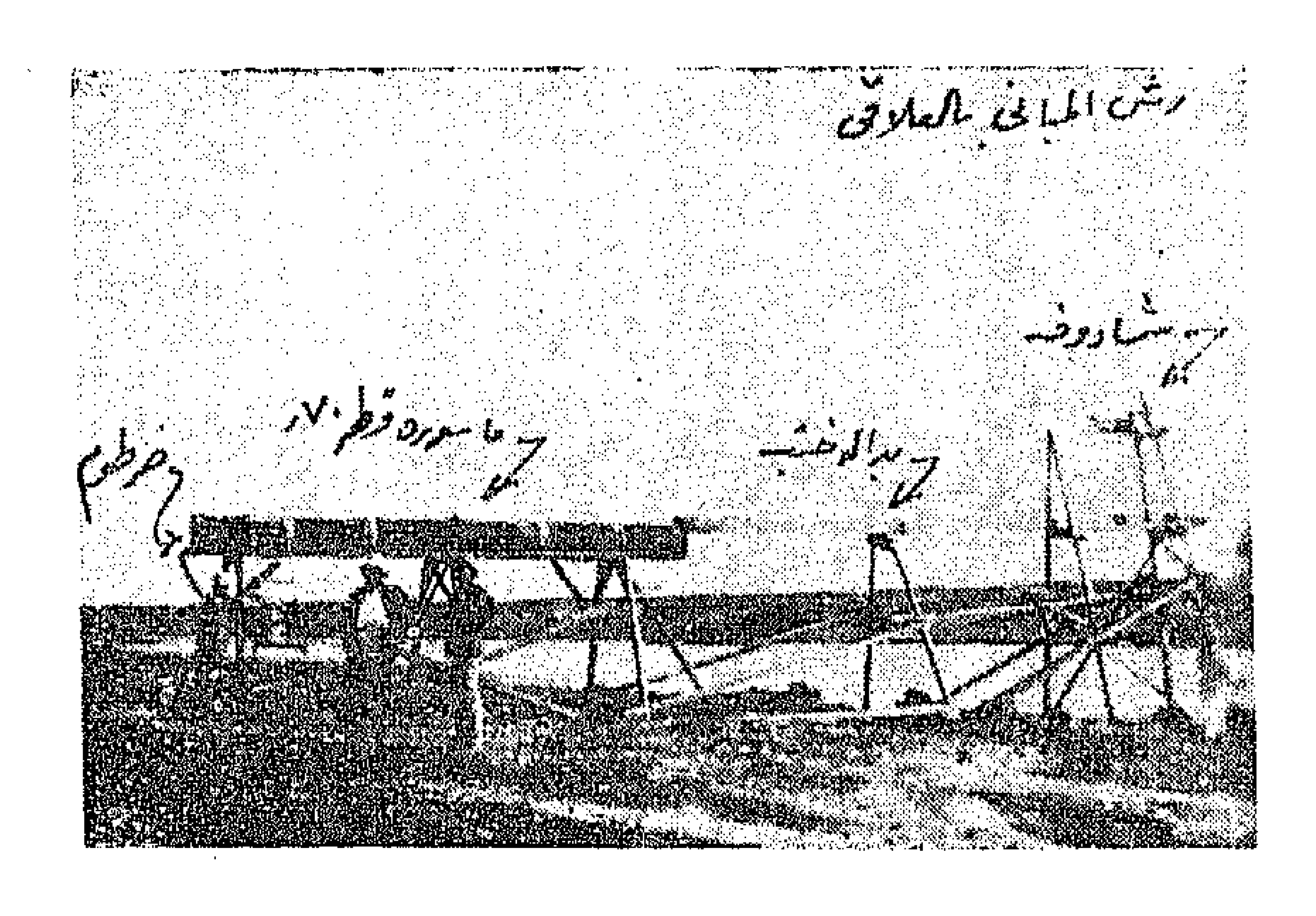




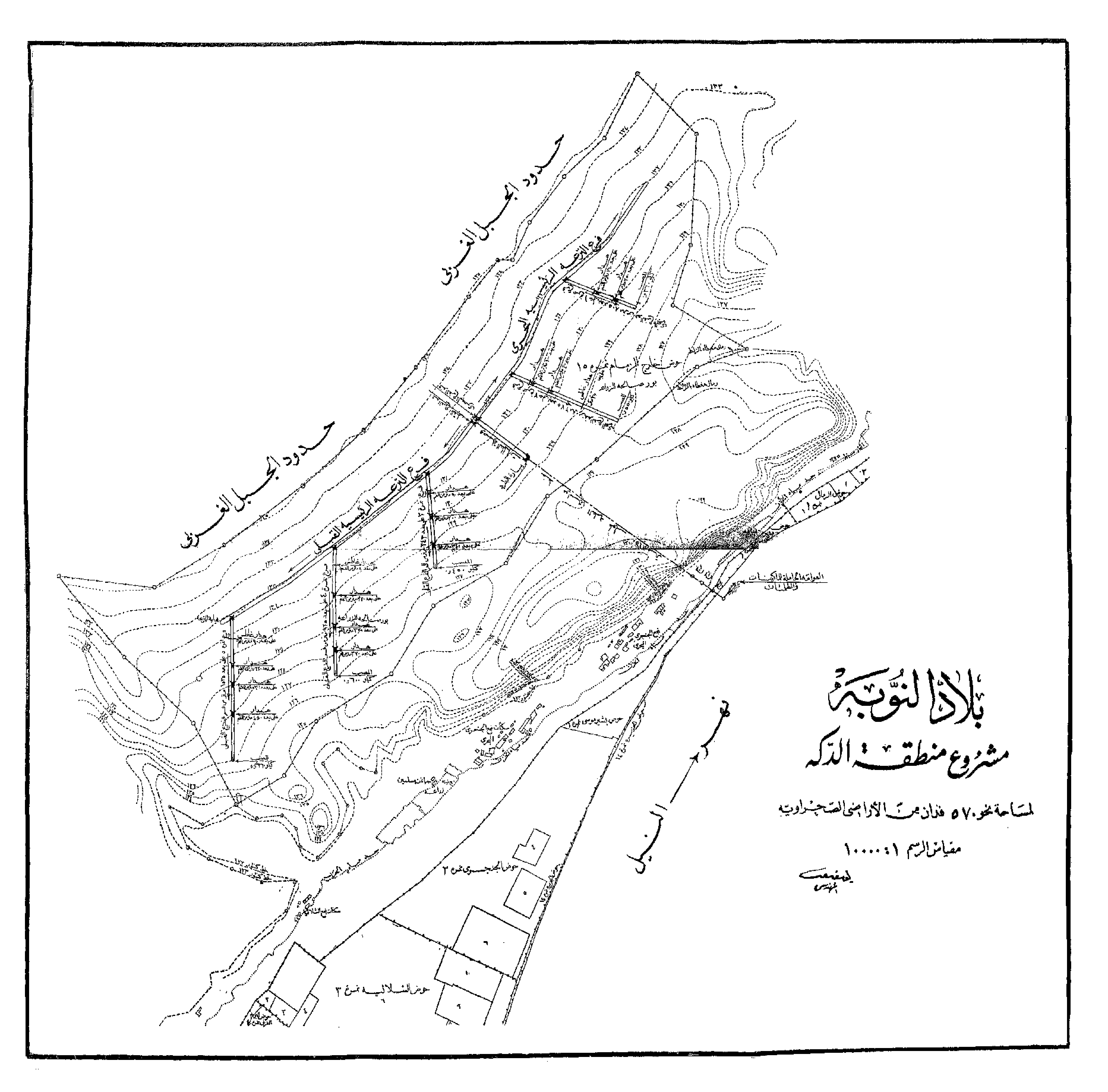
شكل (١٠) المجرور البنائى بالعلاقى



شكل (١١) هدادير على احدى فروع العلاق



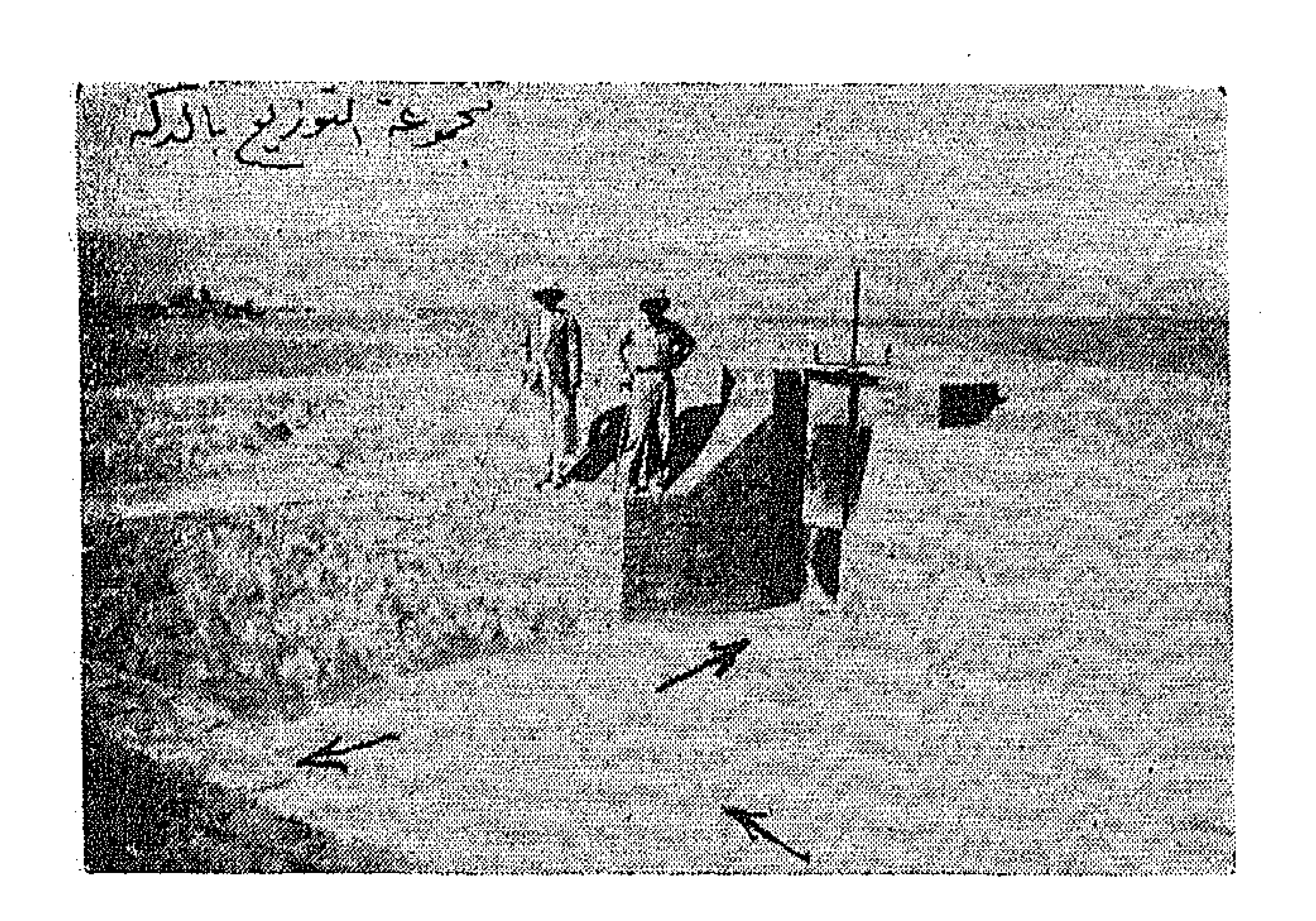
شكل (١٢) رش الماء بالعلاقي



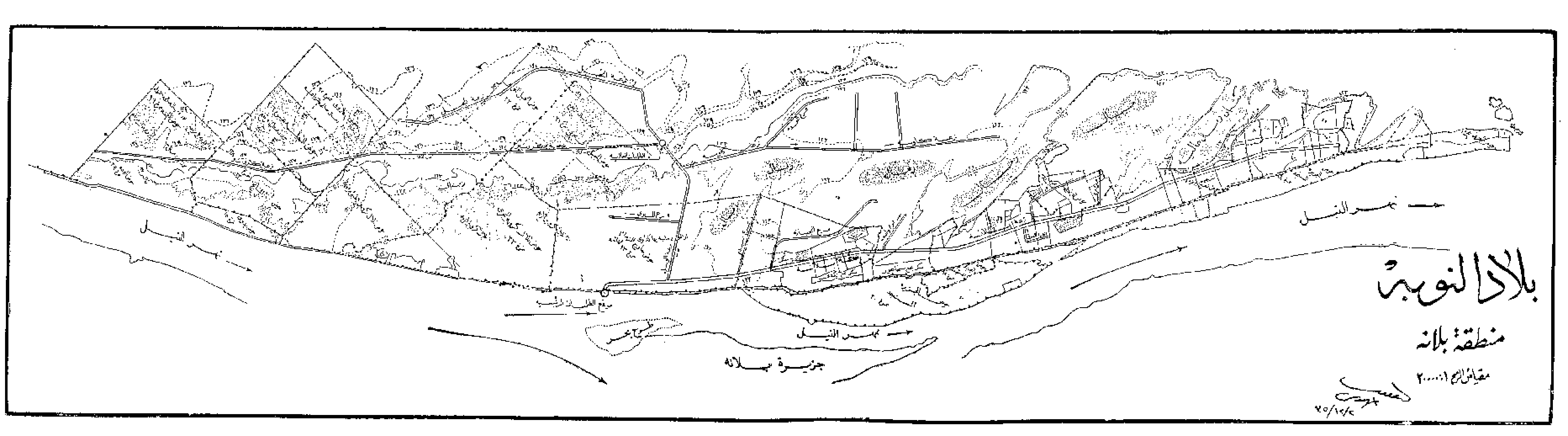
بلاد النوبة
مشروع منطقة الدكة
لمساحة نحو ٥٧٠ فدان من الأراضي الصحراوية
مقياس الرسم ١ : ١٠٠٠٠
حدود الجبل الغربي
حدود الجبل الغربي
فرع الترعة الرئيسية البحري
فرع الترعة الرئيسية القبلي
نهر النيل
حوض الشلالية نمرة ٣



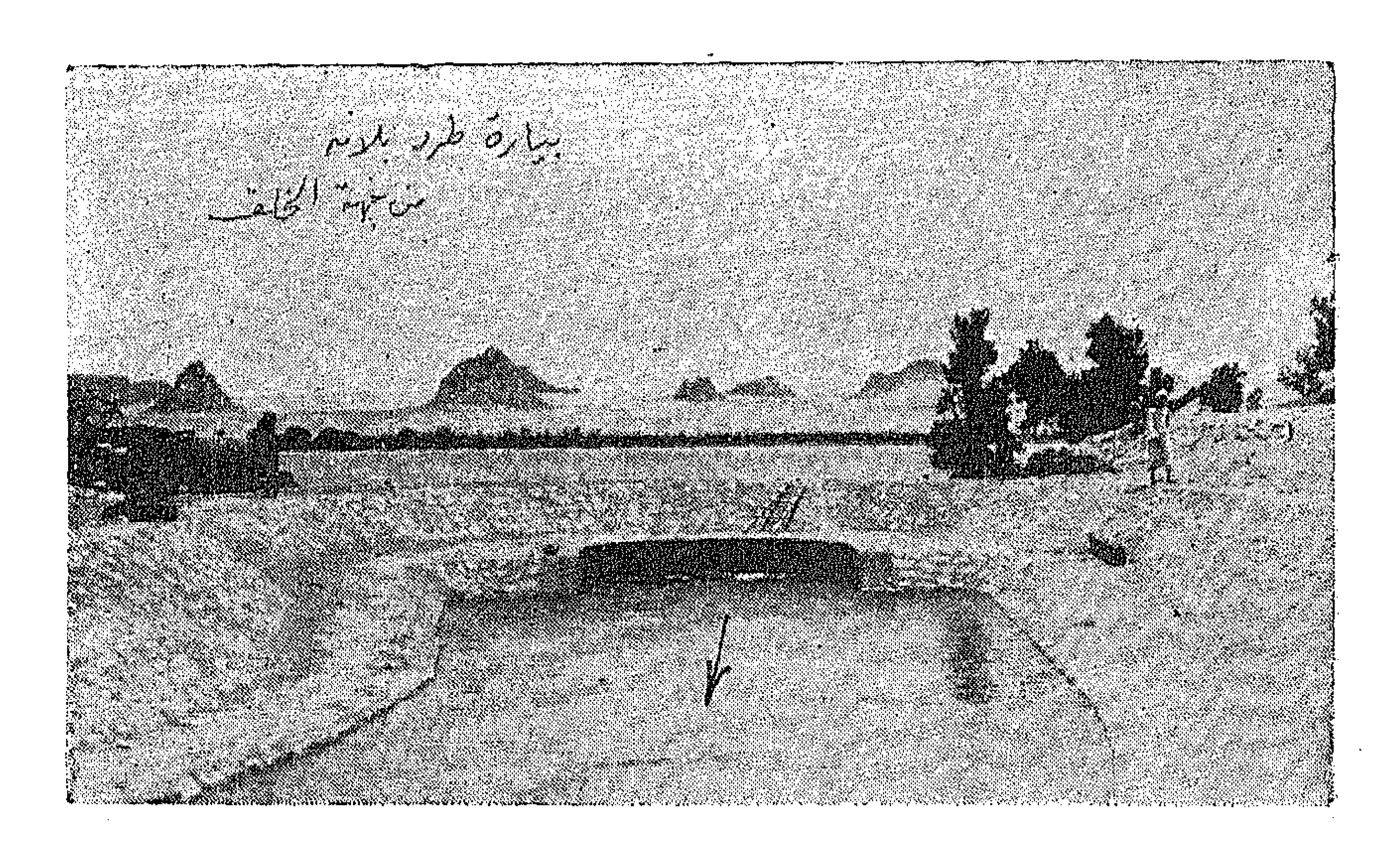
شكل (١٤) منطقة الدكة



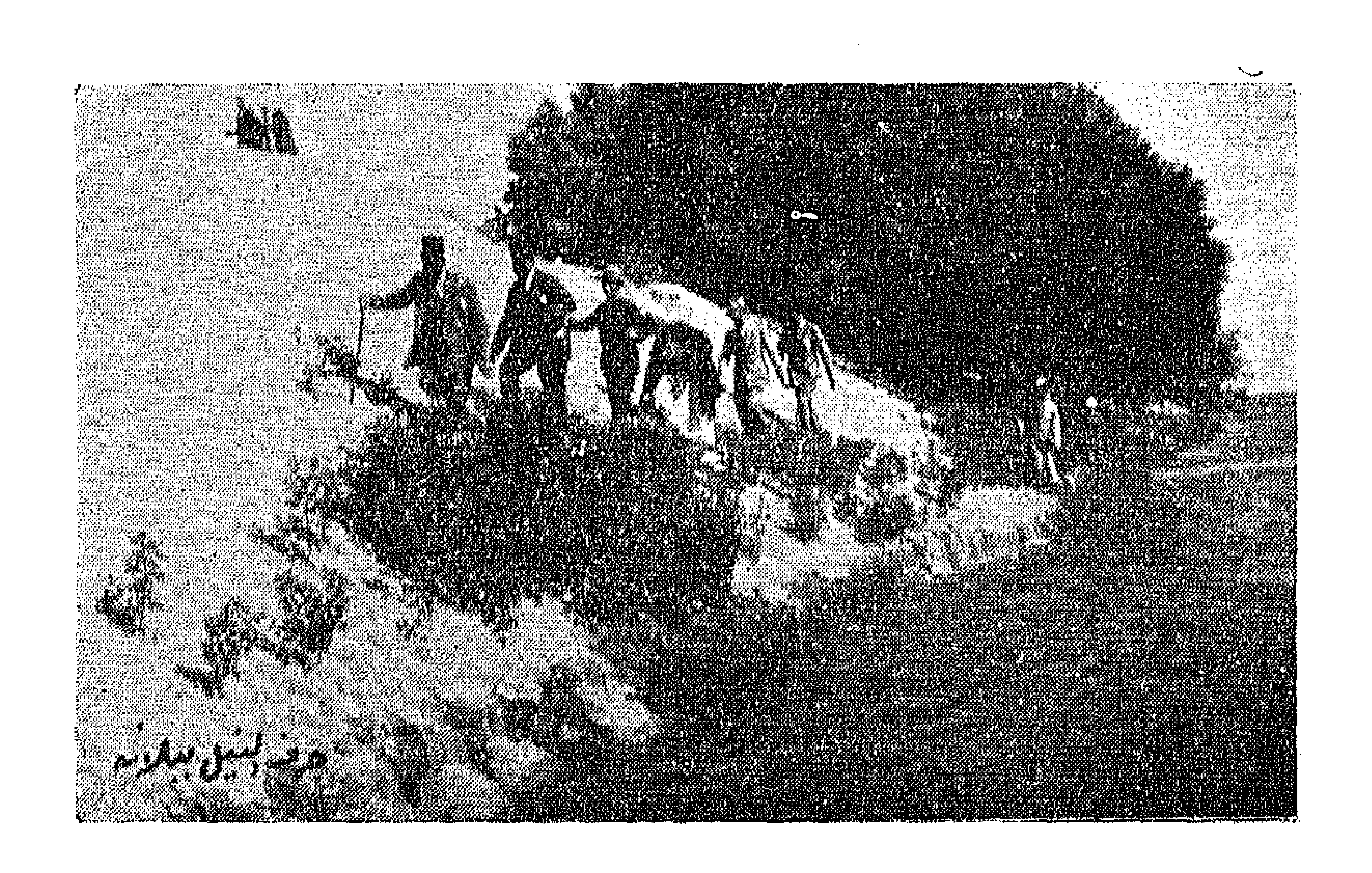
شكل (١٥) مجموعة التوزيع بالدكة



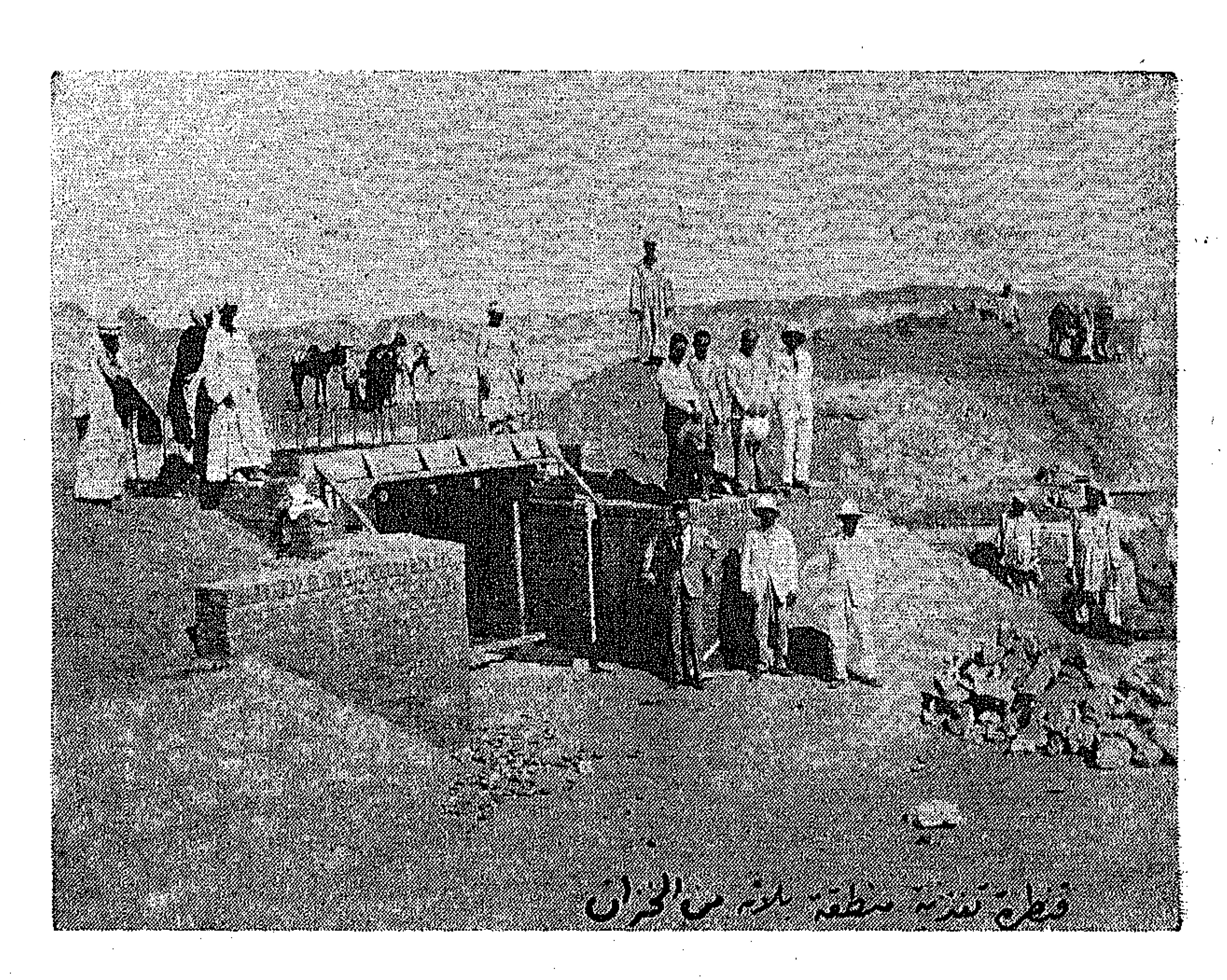
بلاد النوبة
منطقة بلانة
مقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠٠
جزيرة بلانه
نهـر النيـل
نهـر النيـل
نهـر النيـل
نهـر النيـل



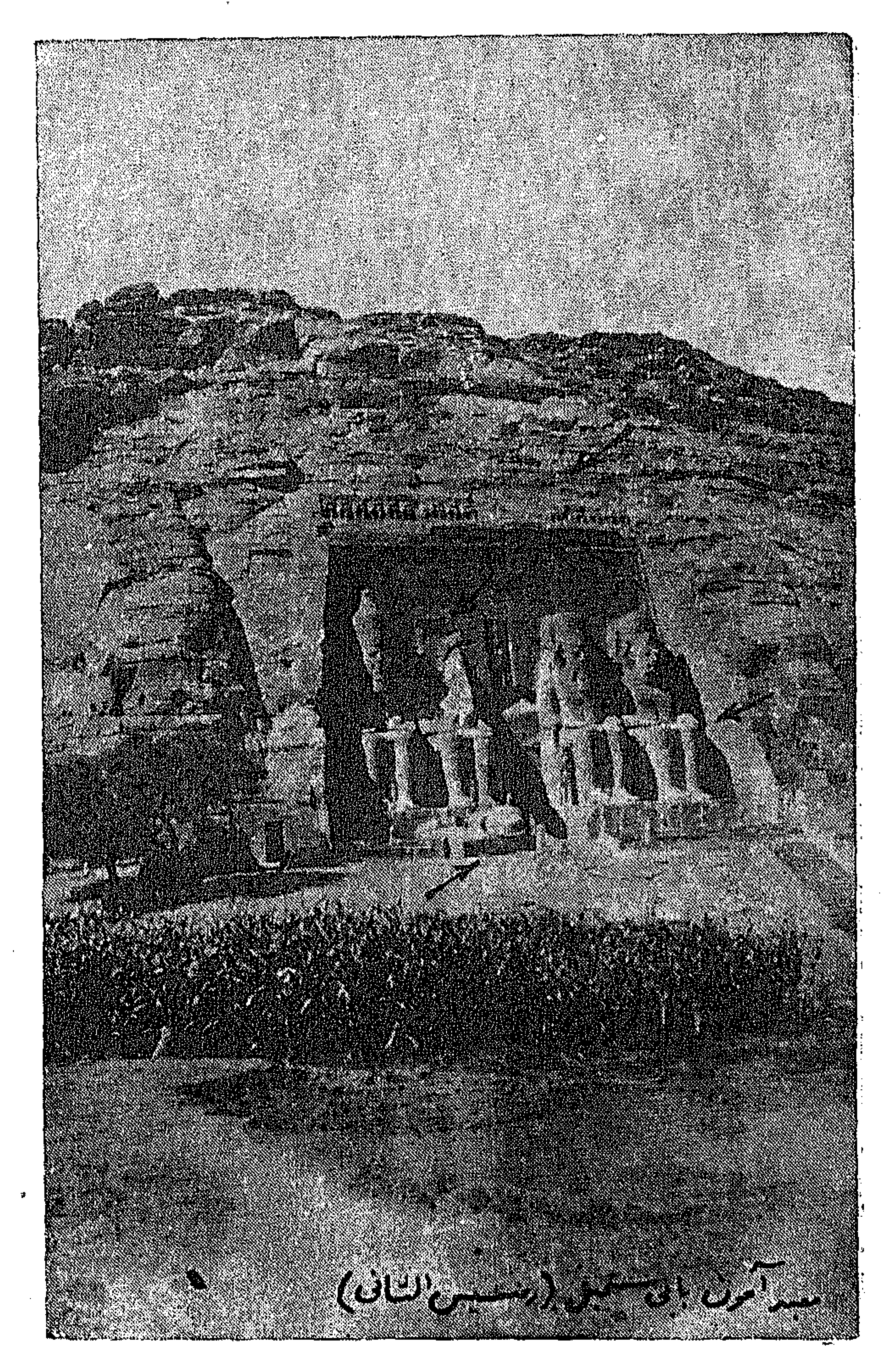
شكل (١٧) بيارة الطرد بيلانة



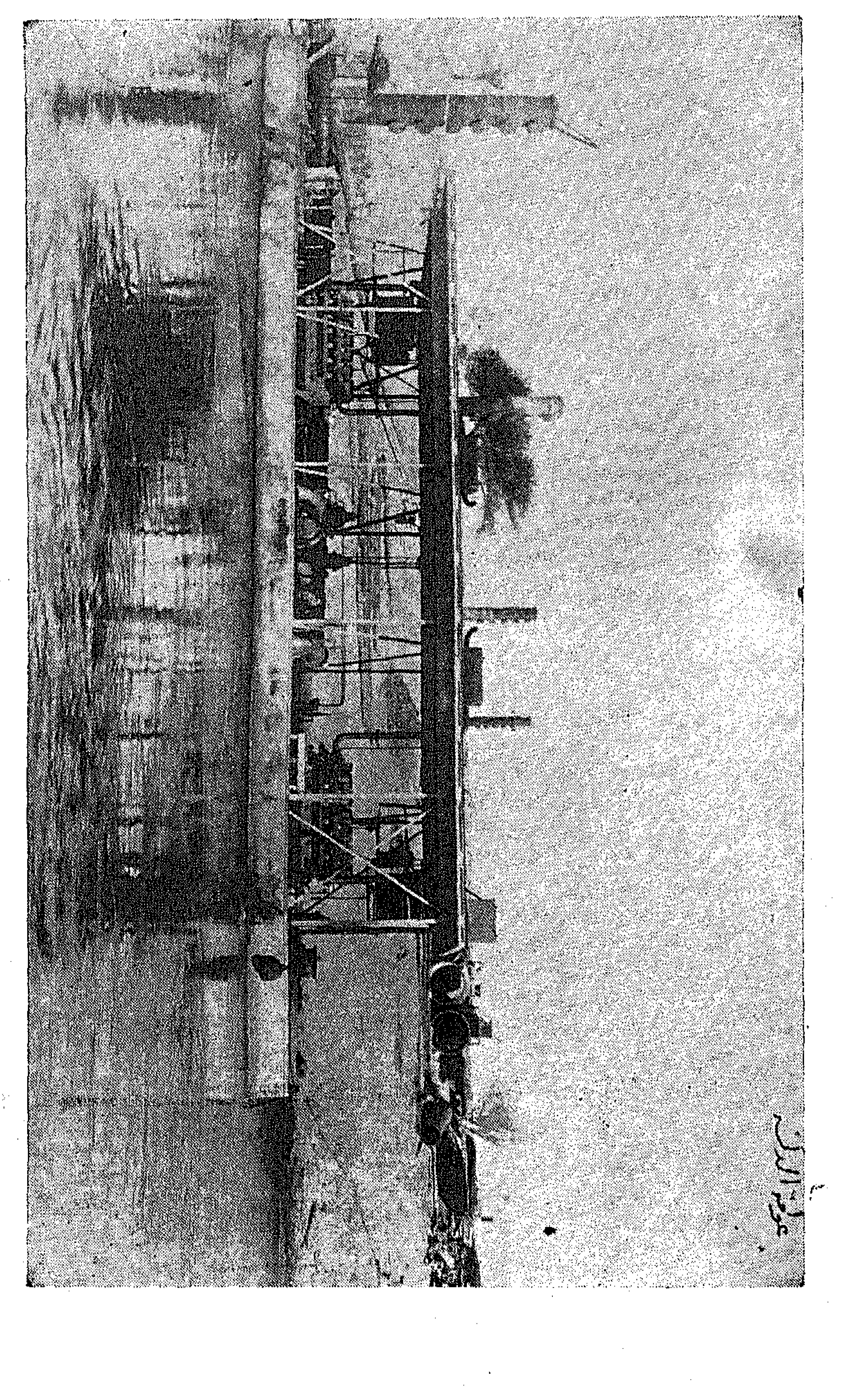
شكل (١٨) حرف النيل ببلانة



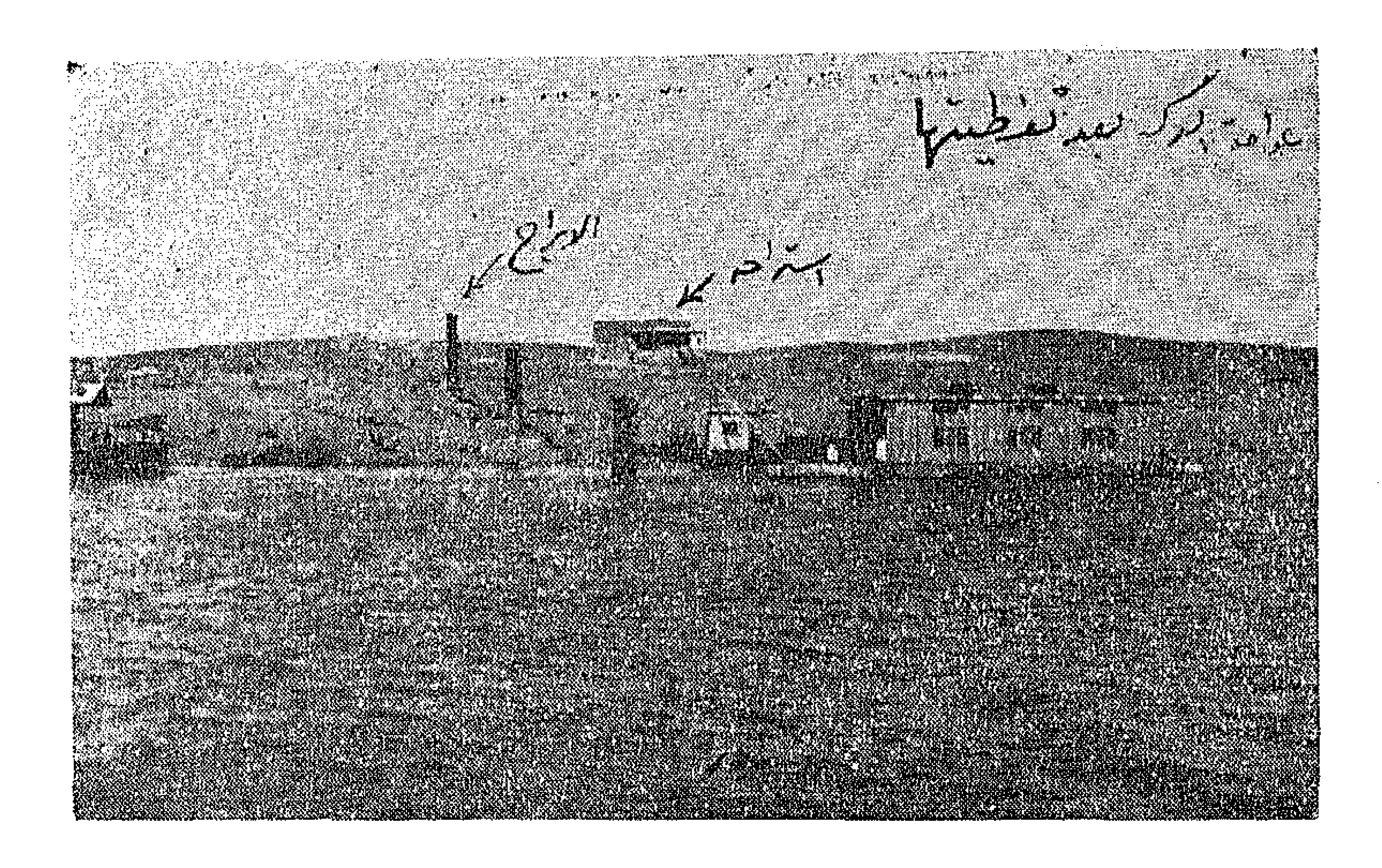
شكل (١٩) قنطرة التغذية من النيل ببلانة



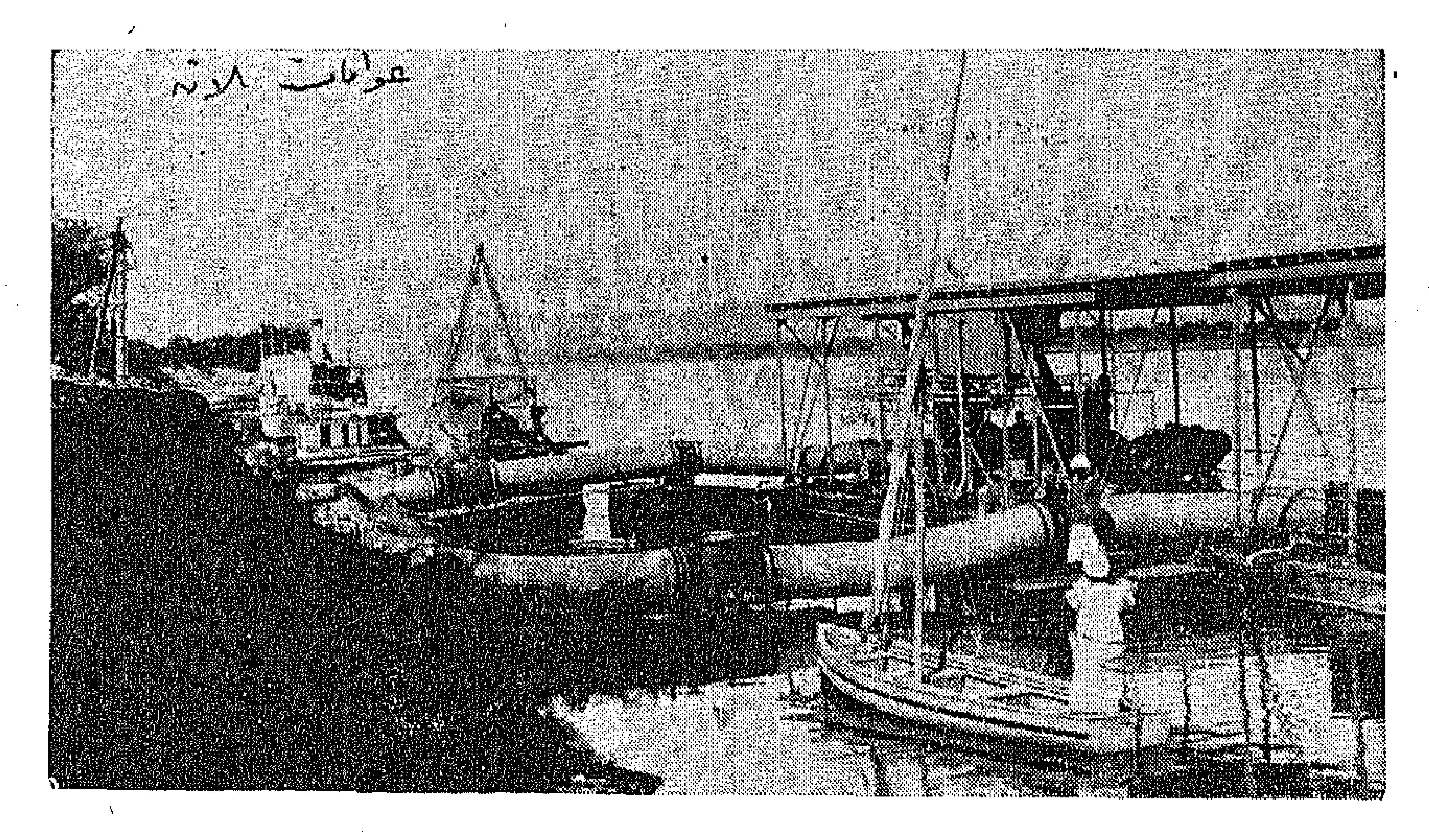
شكل (٢٠) معبد أبو سنبل والصخور المتآكلة



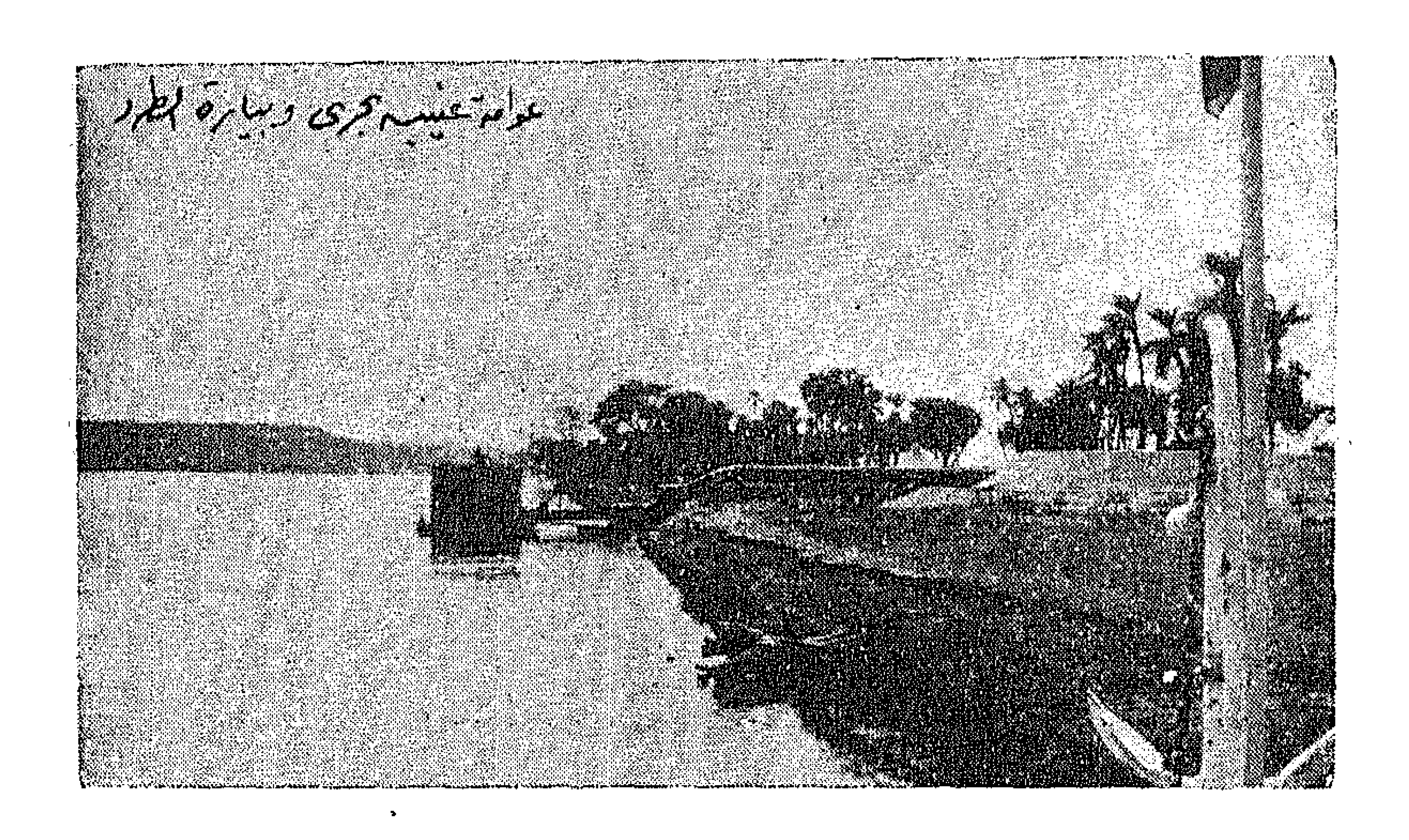
شكل (٣١) عوامة الدكة



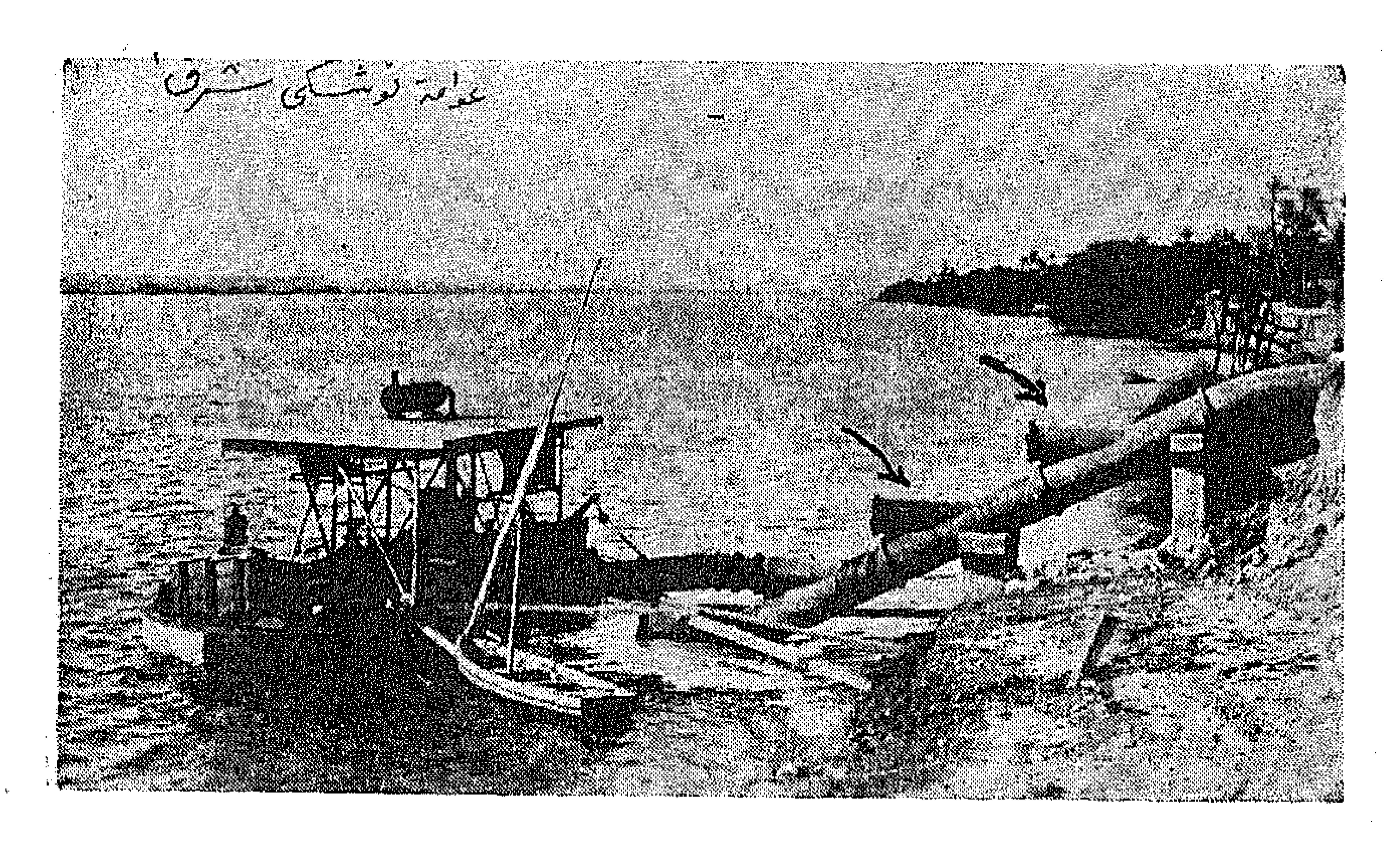
شكل (٢٢) عوامة الدكة بعد تغطيتها



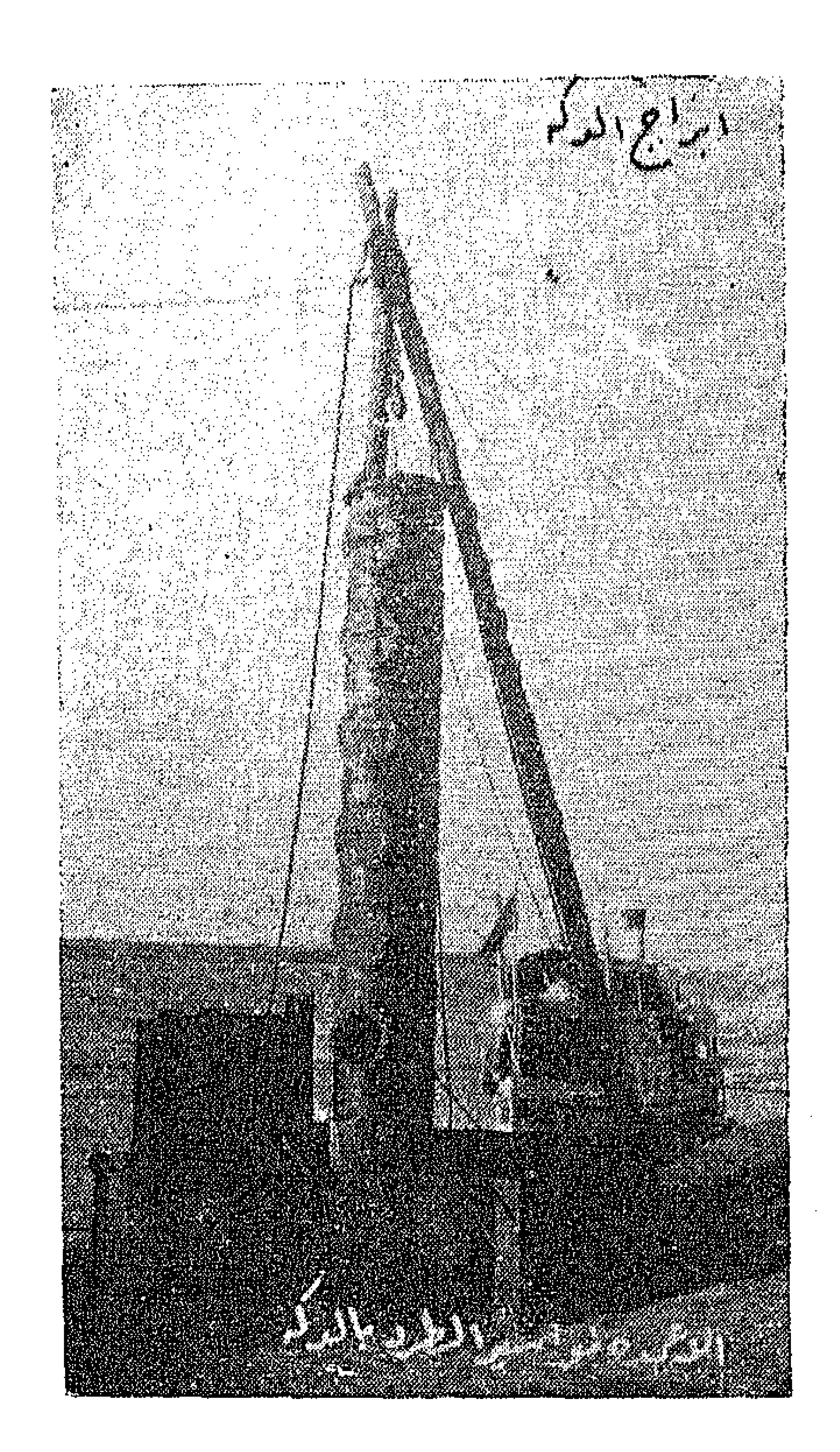
شكل (٢٣) عوامة توشكى شرق



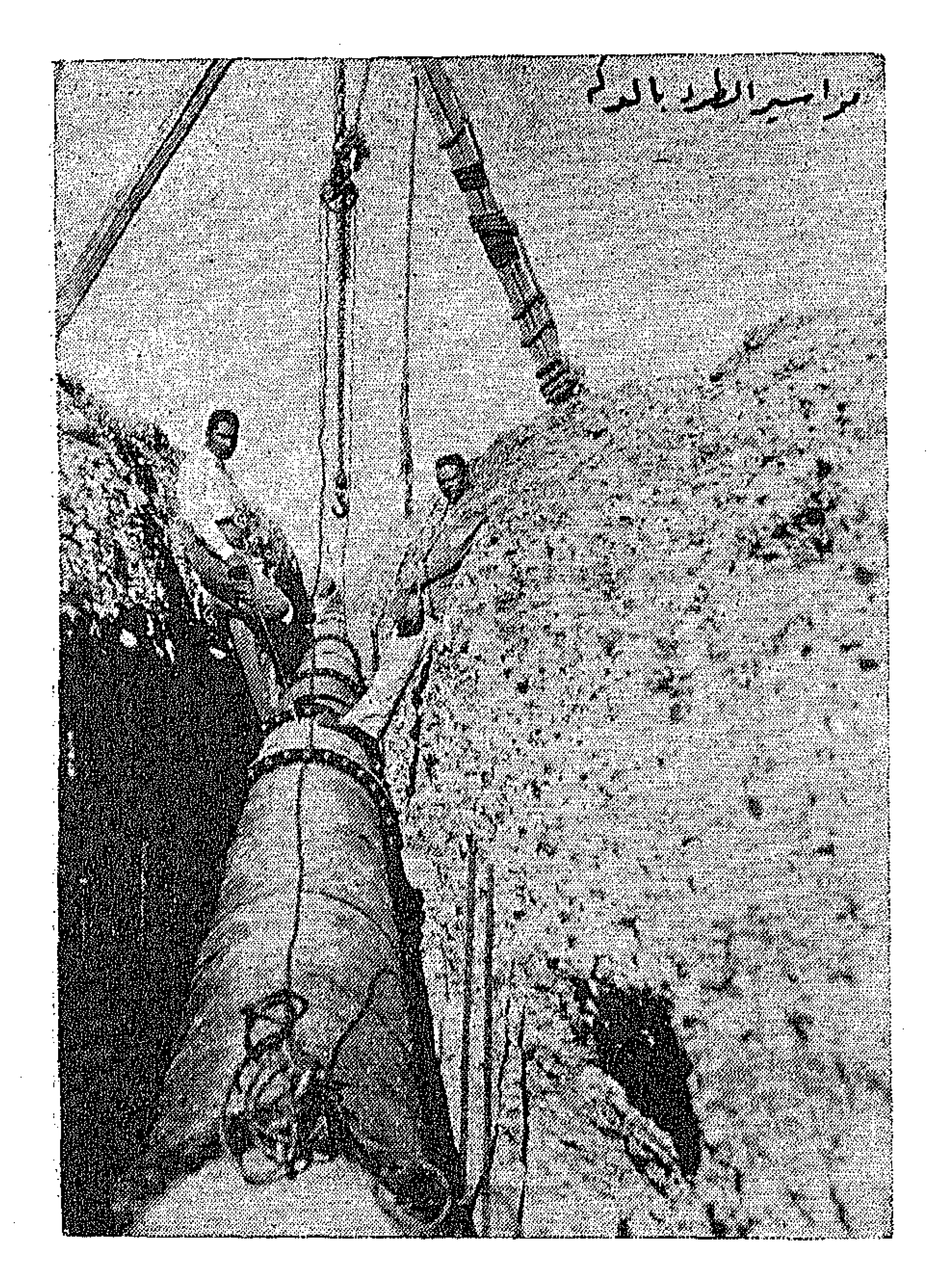
شكل (٢٤) عوامة عينية بحرى وبيارة الطرد



شكل (٢٥) عوامة بلانه



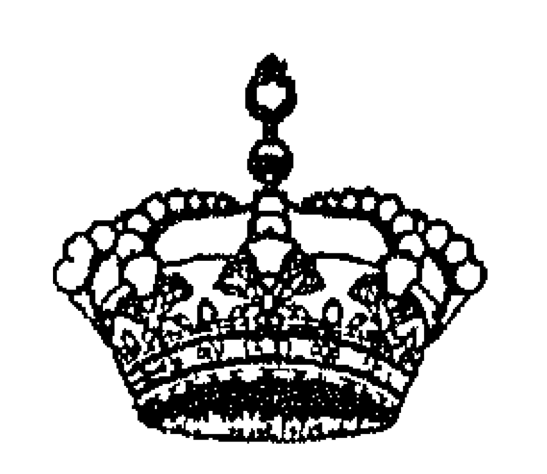
شكل (٢٦) برج من أبراج الدكة



شكل (٢٧) مواسيرُ الطرد بالدكة



شكل (٢٨) الجسر الواقى لمنطقة أبو سنبل



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الرابعة من السنة الرابعة عشر

١١٧

محاضرة

فى مقاس حركات المبانى

مترجمة عن الانجليزية

ألقاها

الدكتور هرست

المدير العام لمصلحة الطبيعيات التابعة لوزارة الأشغال العمومية

بجمعية المهندسين الملكية المصرية

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٨ فبراير سنة ١٩٣٤

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الاكبر بصاحبها محمود الخضرى

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شينى) ويرسل برسمها .

فى مقاس حركات المبانى

أنواع الحركات فى المبانى :

ان أكثر هذه الحركات شيوعاً هى الأنواع الآتية : –

(١) الترييح أو الهبوط – يرجع ذلك إلى ثقل المبانى ويحدث عادة عنـد ما يكون الثقل غير موزع توزيعاً صحيحاً بواسطة الأساسات أو عند ما تكون التربة ذات طبيعة عجينية وأحياناً إذا كانت التربة عبارة عن رمال سائبة إذ تكون سهلة الحركة بفعل المياه وقد حدث فى مدينة شيكاغو أن هبطت فيها عدة مبان بسبب انسياب الطينة العجينية فى حفر عملت فى الجانب المقابل من الشارع . وحدث أيضاً فى لندن أن هبط حائط حوض للسفن بسبب انسياب الرمل من تحته إلى حفرة فى حوض آخر يبعد ٥٠٠ متر عنه . وفى العادة لا يحدث ضرر من الهبوط إذا كان منتظما وبدرجة واحدة فى جميع أجزاء المبنى وأما إذا لم يك كذلك فانه يحدث شروخا وفى بعض الأحيان يكون سبباً فى تداعى البناء .

العلو والهبوط تبعاً لرطوبة التربة وجفافها – وهذا يحدث فى تربة القطن بالسودان إذ تنتفخ التربة وتعلو ابان فصل الأمطار فاذا حل فصل الجفاف انكمشت فاحدثت فى ذاتها شروخا كبيرة عميقة ولقد كان ذلك سبباً فى حدوث أضرار جمة للمبانى كما كان أيضاً سبباً فى الحاق الأذى

بالروبيرات ومقاييس النيل ولا سبيل إلى إيجاد علامة ثابتة هنـاك إلا بادخال قضبان لولبية وانزالها إلى ما تحت القطن .

٣) الحركات الناشئة عن تغير كمية الرطوبة فى المواد — أشهر المواد التى تتأثر من هذه الحركات هى الخشب وبعض أنواع الأحجار ذات المسام فان التضخم الذى يصيب هذه المواد فى حالة تعرضها للرطوبة مما يؤدى إلى التصاق الأبواب والشبابيك واحداث شروخ فى مبانى الطوب والحجر .

٤) الحركات الناشئة عن تغير الحرارة — أن حالة التمدد والانكماش التى تحدث فى الحوائط الطويلة بسبب تغير الحرارة تكفى وحدها لأحداث الشروخ بالمبانى إلا إذا عمل الاحتياط لمنع حصول ذلك بواسطة فواصل التمدد وقد حدث ذلك فى بعض الثكنات التى بالعباسية منذ نحو ٢٥ عاما وقام المحاضر بقياس التغير الذى حدث فى طول احدى الحوائط بتلك الثكنات .

ومن شأن الحركات التى تنتاب المبانى بسبب تغير الحرارة أن آثارها بدو ظاهرة جلية فى سدود الخزانات وقد عمل حساب هذا التغير فى التصميم الذى وضع لتعلية خزان أسوان .

٥) الحركات الأهتزازية — قد تنشأ هذه الحركات أحيانًا من اشتداد حركة المرور فى الشوارع القريبة من المبانى أو من وجود ماكينات بداخلها أو من دق خوازيق على مقربة منها .

كذلك قد تسبب الرياح اهتزازات فى لمبانى المرتفعة جداً كالمداخن الشاهقة .

٦) الحركات الناشئة عن الزلازل — ان الأهتزازات التى تحدثها الزلازل تتخذ عادة شكل تموجات تندفع منبعثة من مركزها الأصلى وهذه التموجات تكون على أنواع شتى ولكن النوع الذى يلحق الضرر بالمبانى هو التموجات العرضية التى تسير على سطح الأرض مشابهة لأمواج البحر ويمكن وصفها اجمالا بأنها عبارة عن صعود وهبوط فى الأرض مصحوبين بانحراف أو ميل فى السطح وهذا الأنحراف هو الذى يسبب الضرر للمبانى . وقد لاحظ المحاضر أن معظم الضرر الذى نجم عن الزلازل التى حدثت فى بلغاريا فى شهر أبريل سنة ١٩٢٨ كان ناشئاً عن سقوط مداخن المنازل فوق سقوفها.

طرق القياس

١) الحركات الرأسية التى لاتصحبها اهتزازات : —

ان خير الأساليب التى تتبع لقياس هذه الحركات هو استعمال ميزان دقيق لتحديد فرق المنسوب بين علامات ثابتة فى المبانى وبين الروبيرات الخارجية البعيدة عن جميع الأضطرابات .

وقد اتبعت مصلحة المساحة المصرية هذه الطريقة لتحديد مقدار الحركة الرئيسية فى المبانى الجديدة لسراى المحكمة المختلطة بالقاهرة . وقد تفضل حضرة صاحب العزة المدير العام لهذه المصلحة وسمح لى بذكر نتائج المقاسات التى قامت بها المصلحة وهذا بيانها : —

١٩٣١	النقطة رقم ٨ الواقعة بمحور الوجهة الأمامية للمبنى	مقدار الهبوط بالمليمترات	النقطة رقم ٢٣ بالوجهة الخلفية للمبنى
	المنسوب بالأمتار		المنسوب بالأمتار
مارس	١٩ر٧٤٤	٦	١٩ر٩٩٣
يونيه	ر٧٣٨	٥	
سبتمبر	ر٧٣٣	٦	
١٩٣٢			
يناير	ر٧٢٧	٤	
مارس	ر٧٢٣	٣	
يونيه	ر٧٢٠	٥	
سبتمبر	ر٧١٥	٣	
١٩٣٣			
يناير	ر٧١٢	٢	
مارس	ر٧١٠	٢	
يونيه	ر٧٠٨	١	
سبتمبر	ر٧٠٧	٢	
١٩٣٤			
يناير	ر٧٠٥		١٩ر٩٩١

ومن هذه البيانات يرى ان الهبوط الذى انتاب الوجهـــة الأمامية

المبنى آخذ فى التناقص تدريجاً بينما يتضح أن الواجهة الخلفية يكاد لا يكون قد حدث بها هبوط على الاطلاق وهذه الطريقة تؤدى إلى تبيان الحركة الفعلية للمبنى بالنسبة إلى نقط خارجية ثابتة .

أما ميل المبانى بسبب عدم تساوى الهبوط فيمكن قياسه بميزان روح تسوية حساس يركب على مسامير مثبتة فى حائط المبنى ويراعى وقايتها من الغبار والصدأ . ويمكن لهذا الميزان أن يقيس ميلا قدره ثانية واحدة من الزاوية المحيطية أو بمعنى آخر يمكنه أن يبين فرق هبوط مقداره ١ر٠ ملليمتر عن كل ٢٠ متراً . ويمكن باتخاذ التدابير المناسبة قياس الميل فى كلا الاتجاهين طولا وعرضاً . وهـــذه الطريقة على ما أعلم لم تسبق تجربتها فى القطر المصرى ولكنها ربما ادت إلى الحصول على نتائج مرضية .

وإذ ما حدث تشقق فى أحد الأبنية أمكن قياس حركة أحد جانبى الشرخ بالنسبة إلى الجانب الآخر بواسطة ورنية وذلك بأن تلصق إحدى المسطرتين بالجانب الواحد والأخرى بالجانب الآخر من الشرخ كما يرى ذلك فى الشكل رقم (١) . وقدصنعت ورنية لهذا الغرض فى ورشة مصلحة الطبيعيات وهى مستعملة الآن فى مبانى المحكمة المختلطة الجديدة ويمكن أن يقاس بها إلى أعشار الملليمتر .

وكذلك يمكن أن تقاس حركات جانبى الشرخ بالنسبة لبعضها بواسطة ميكرومتر خاص يسمى Crack Micrometer وهو من صنع شركة كمبردج للآلات العامية ويحتوى على ميزان حساس كالميزان السابق

وصفه وميكرومتر ويمكن بواسطته قياس المركبة الرأسية للحركة النسبية لجانبي الشرخ . (الشكل رقم ٢)

وعند استعمال هذه الآلة يثبت قضيبان من المعدن عموديان على الحائط ويكون كل منهما على أحد جانبي الشرخ (كمايرى فى الشكل) ويحمل الميكرومتر على ذينك القضيبين ثم يضبط الميزان بواسطة بريمة الميكرومتر ويقرأ رأس الميكرومتر ويدون . فالفرق بين القراءات المتتابعة يعطينا الحركة النسبية التى حدثت فى جانبي الشرخ أثناء فترات القراءة وانما ينبغى أن تكون القضبان التى تستعمل لهذا الغرض من معدن غير قابل للصدأ حتى يبقى محتفظاً بابعاده مدداً طويلة . وهذا النوع من المعدن هو « المونل » وهو مركب من النيكل بنسبة ٦٩ فى المائة ومن النحاس الأحمر بنسبة ٢٨ فى المائة ومن الحديد بنسبة ٢ فى المائة ومن كميات طفيفة من مواد أخرى .

الحركات الأفقية التى لا تصحبها اهتزازات :

خير الطرق التى تستخدم فى المبانى الكبرى لقياس التغير فى المسافات الأفقية بين مختلف أجزاء المبنى هى استعمال أسلاك الأنفر « Invar » والأنفر هو مزيج معدنى من النيكل والصلب وخاصيته ان معامل تمدده بالحرارة منخفض جداً و بيان ذلك ان :

معامل التمدد فى الصلب هو ١ على ١٠٠٫٠٠٠ لكل درجة حرارة بميزان سنتيجراد .

ومعامل التمدد فى إحداث أنواع الأنفر هو ٦ على ١٠٠٠٠٠٠٠٠ر٠ لكل درجة حرارة بميزان سنتيجراد .

ومعامل التمدد فى مبانى الطوب نحو ١ على ١٠٠٠٠٠ر٠ لكل درجة حرارة بميزان سنتيجراد .

ومعامل التمدد فى المبانى بالحجر نحو ٥ على ١٠٠٠٠٠٠ر٠ لكل درجة حرارة بميزان سنتيجراد .

ولذا يستعمل الأنفر بكثرة لقياس خطوط القواعد فى أعمال المساحة بفضل قلة تغير طوله مع الحرارة يعطى نتائج غاية فى الدقة وقد استخدمت مصلحة المساحة المصرية هذه الطريقة فى مقاسات مبنى المحكمة المختلطة الجديدة وكيفية ذلك ان يركب على الحائط فى نقط متعددة قضبان من النحاس الأصفر وعليها علامات رفيعة ثم يشد سلك الأنفر بواسطة أثقال معلقة بحبلين فوق بكرات تبرم فى مقابض فى الحائط وعند ذلك يكون السلك قريباً من العلامات التى ينسب اليها المقاس فتقرأ المسافة التى بين العلامات على مساطر مركبة على نفس السلك وقد أتت هذه الطريقة بنتائج حسنة فى مبانى المحكمة المختلطة فقد أدت إلى معرفة مقدار الانكماش الذى حدث فى المبانى تبعاً لما حدث من الانخفاض فى الحرارة وتبين من ذلك أن طولا قدره ٦٤ متراً فى السقف قد انكمش بمقدار ٣٣ ملليمترات بين أول نوفمبر سنة ١٩٣٣ وأول يناير سنة ١٩٣٤ . أما الحركات التناسبية لجانبى الشرخ أو لوصلة التمدد فيمكن قياسها بالميكرومتر العادى وهو عبارة

عن بريمة محكمة الضبط ولها رأس مقسم إلى أقسام تبين كسور الدورة .
ولاستعمال هذه الآلة تثبت عوارض معدنية بالأسمنت على جانبي الشرخ
لتكون بمثابة نقط محددة تتحرك بتحرك البنيان وتقاس المسافة بينهما
بواسطة الميكرومتر . وقد عمل هذا بمباني المحكمة المختلطة منذ بضعة أشهر

وقد أدخلت شركة كمبردج للآلات العلمية تحسينا جديداً على
الميكرومتر العادى بصنع آلتها المسماة مكرومتر الشروخ Crack
Micrometer وهو المبين فى الشكل رقم ٣ ويستعمل بتثبيت قضيبين
اسطوانيين مصنوعين من معدن « المونل » داخل الحائط على جانبي
الشرخ بمنسوب واحد ويركب الميكرومتر فوق أحد القضيبين ويدار
رأسه حتى يمس ذراعه القضيب الآخر ويقرأ عند ذلك رأس المكرومتر

وقد استنبط مكرومتر آخر للشروخ لقياس الحركة النسبية لجانبي
الشرخ فى مستوى عمودى على مستوى الحائط .

ولدوام تسجيل التغيرات فى اتساع وصلات التمدد وفى الشروخ صنعت
ورشة مصلحة الطبيعيات آلة خاصة لرسم هذه التغيرات تسمى
(اكستنسجراف) وهى عبارة عن اسطوانة تديرها عدة ساعة بحيث تتم
الدورة الواحدة فى ظرف أسبوع ويرسم عليها قلم تسجيل متصل بمجموعة
من الأذرع وتوصل الاسطوانة ونقطة ارتكاز قلم التسجيل بأحد جانبي
وصلة التمدد ويوصل طرف مجموعة الأذرع بالجانب الآخر وبذلك تكبر
الحركة النسبية لجانبي الوصلة بواسطة هذه الأذرع فتسجل على ورقة ملفوفة
على الاسطوانة كما يرى فى الشكل (٤) . وقد استعمل هذا الجهاز فى مبنى

المحكمة المختلطة لقياس مقدار الحركة اليومية التى تحدث فى المبنى من جراء تغيير الحرارة وقد ظهر من الرسومات التى يسجلها الاكستنسجراف وجود تغيير يومى فى سعة وصلة التمدد يبلغ ١/٢٠ من المليمتر بينما يقدر مدى التغيير اليومى فى الحرارة داخل الحائط بدرجة واحدة بمقياس سنتيجراد .

ويبين الشكل رقم ٥ وجود علاقة واضحة بين سعة الوصلة والحرارة داخل الحوائط وقد قيست الحرارة داخل الحائط بادخال بصيلة (Bulb) ثرموغراف خاص فى الحائط .

ويبين الشكل رقم ٦ مقدار التغير الذى طرأ على وصلة تمدد أخرى فى المدة من ٢٠ سبتمبر ١٩٣٣ إلى ٣١ يناير ١٩٣٤ وسننتظر حتى تعود الحرارة إلى مقاديرها الأولى لنرى هل حدثت تغيرات مختلفة فى سعة وصلة التمدد أم لا ، وبسبب امتزاج التغيرات الناشئة عن الحرارة بالتغيرات الأخرى الناشئة عن هبوط البناء يكون من العسير تفسير التسجيلات التى تدونها آله الاكستنسوغراف .

٣ — قياس اهتزازات المبانى

حدث أثناء قيام الحرب الكبرى أن طاب إلى المحاضر إبداء رأيه فيما إذا كان من المحتمل أن ينال صهريج المياه بمصر الجديدة ضرر ما بسبب الاهتزازات الناتجة من إطلاق المدافع الضخمة . فلاجل معرفة ذلك أقام جهازاً مكوناً من حوض ملىء بالزئبق ووضع فوق سطح الصهريج

ومرآة لتعكس أشعة الشمس على الزئبق وستارة تتلقى انعكاس الشمس من حوض الزئبق فكان هذا الانعكاس يظل ثابتاً تماماً عند إطلاق المدافع بينما يتذبذب بدرجة كبيرة إذا ما مشى شخص فوق سطح الصهريج ، وإنما فى الوقت الحاضر وجدت وسائل خير من ذلك لتسجيل الاهتزازات فهناك آلة تسمى الفيبروجراف أى آلة تسجيل الاهتزاز تصنعها شركة كمبردج للآلات العلمية وهى تعمل على نوعين أحدهما لتسجيل الاهتزازات الأفقية والآخر لتسجيل الاهتزازات الرأسية ويوجد فى كليهما كتلة حديدية ثقيلة الوزن متصلة بواسطة لوالب من الصلب بحامل يحمل اسطوانة خاصة ويوضع هذا الحامل على البناء المراد تسجيل اهتزازاته فيهتز باهتزاز البناء بينما تبقى الكتلة الحديدية ثابتة . وتوجد رافعة تتصل بهذا الثقل الحديدى وهى تحمل سناً خاصاً للتأشير فى شريط من الباغة ملفوف حول الاسطوانة وتدار الاسطوانة بعدة كعدة الساعة فيحدث السن المذكور قناة سطحية غير عميقة فى شريط الباغة ومتى أضيئت هذه القناة عملت كما تعمل العدسة وترى عند فحصها بالمكرسكوب فى شكل خطين متوازيين ويمكن وضع علامات تدل على الزمن بواسطة سن آخر فى داخل الاسطوانة خلف الباغة ويمكن أن يدار هذا السن بالكهرباء بواسطة بطارية وساعة توصل التيار الكهربائى فى فترات متقطعة ومقدار كل منها عشر ثانية .

والشكل رقم ٧ يبين مدى الاهتزازات الأفقية مكبرة إلى عشر أمثالها كما أن الشكل ٨ يوضح مفردات هذا الجهاز فى صورة جلية .

فنرى كتلة الحديد M مدلاة من الحامل بثلاثة أشرطة رأسية من الصلب وهى المرموز لها بحرف B وحين انتقال الاهتزازات الأفقية إلى الحامل يمنع القصور الذاتى فى الكتلة المذكورة تحول مركبة الحركة فى الاتجاه الواحد من الانتقال إلى الكتلة الحديدية التى تبقى ثابتة فى ذلك الاتجاه بينما يتحرك الحامل بحسب الاهتزازات الحاصلة . ويرتبط الثقل الحديدى المشار اليه بواسطة الشريط المعدنى P بالرافعة G التى تدور فوق أطراف سكينية وحركة القاعدة بالنسبة لهذا الثقل تجعل الرافعة تحدث بمقدار ذلك حركات تذبذبية صغيرة تسجل على الشريط الباغة المتحرك المرموز له بحرف A بواسطة السن S المحمول فوق لولب متصل بطرف الرافعة G . وهذا الشريط ملفوف حول اسطوانة مشقوقة مرموز لها بحرف D تدور بواسطة عدة ساعة . ويمكن تغيير سرعة شريط الباغة بتحريك المؤشر J . وترسم خطوط مستوى المقارنة الزمنية على السطح السفلى للشريط بسن آخر يبرز من خلال فجوة ضيقة بين جزئى الاسطوانة المشقوقة D وهذا السن يدار بواسطة مغناطيس كهربائى صغير وهو المشار اليه بحرف T . والجهاز معد بحيث يمكن ضبط سن تسجيل الاهتزاز فى موضع الصفر وبحيث يتسنى أن يضغط هذا السن على الفلم ويرفع عن سطحه عند ما يراد إزالة الفلم أو تجديده أو عند إزالة الآلة نفسها . وعدة الساعة التى تدار بها الاسطوانة يمكن تشغيلها أو إيقافها عن العمل بواسطة المفتاح U وعند تحريك الآلة يصير ربط الكتلة الحديدية M بواسطة الرافعة E ويوجد مسامير ضبط برعية معدة لتسوية الآلة وهناك أيضاً روح تسوية مستدير الشكل مركب فوق

السطح العلوى للقاعدة تسهيلا لذلك .

وقد وضعت آلة مناسبة تفيد فى قطع التيار لأجل تشغيل المغناطيس الكهربائى الذى يدير سن تسجيل الوقت وهذه الآلة عبارة عن عدة ساعة تصل وتقطع دائرة كهربائية فى فترات منتظمة قدر الواحدة منها جزء من عشرة من الثانية فتحدث نقرات جلية على هذا السن فى تلك الفترات وهذا الجهاز لا يناسب لتسجيل الاهتزازات البطيئة .

ويمكن فحص ما يسجل على الشريط الباغة بواسطة المكرسكوب كما يمكن تكبير هذه التسجيلات بالفوتوغرافيا . ومن مزايا هذه التسجيلات أنه يمكن فحصها فوراً بمجرد عملها وبذلك يمكن تغيير ترتيب العمل طبقاً للنتائج التى يصير الحصول عليها وهذه الطريقة تفضل كثيراً طريقة التصوير الفوتوغرافى التى تحتاج إلى تحميض وتثبيت قبل أن يمكن فحصها.

ويبين الشكل ٩ بعض تسجيلات أخذت بواسطة آلة الفيبروجراف الأفقى الشبيهة بالآلة التابعة لوزارة الأشغال العمومية . وهذه الآلة يمكن استعمالها لتسجيل اهتزازات الكبارى أو الآلة الميكانيكية حيث يستطاع الاستدلال بها على ما إذا كانت هذه الآلات غير منتظمة الحركة أو أن أجزاءها المتحركة مختلة التوازن .

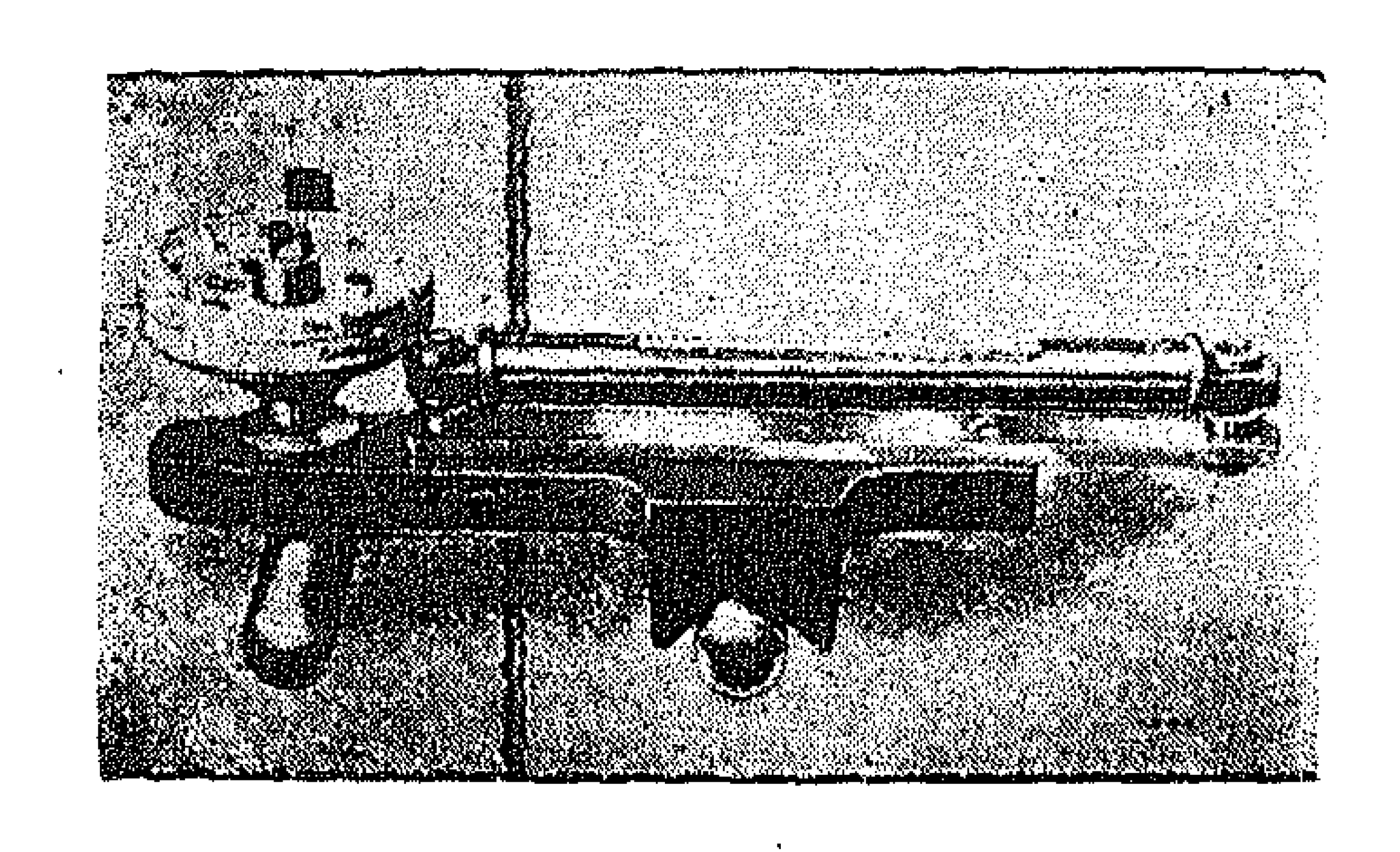
Fig. 1
شكل نمرة ١

ورنيه مقياس الشروخ
Crack Vernier

2
1
0
10
5
0
W
E
Crack
شرخ

Metal rods for use with an ordinary micro meter

قضبان معدن تستعمل مع ميكرومتر عادي



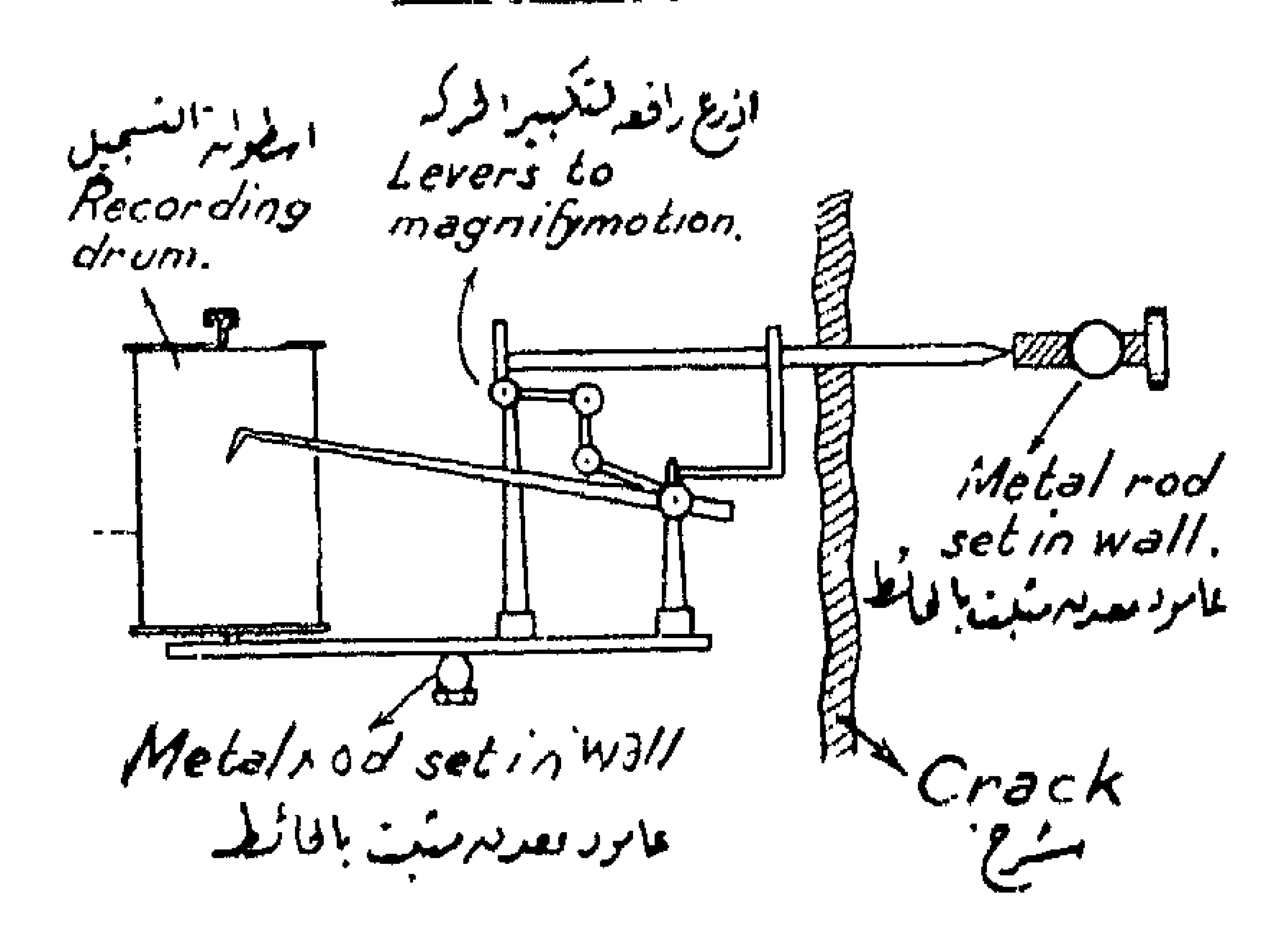
شکل ۲



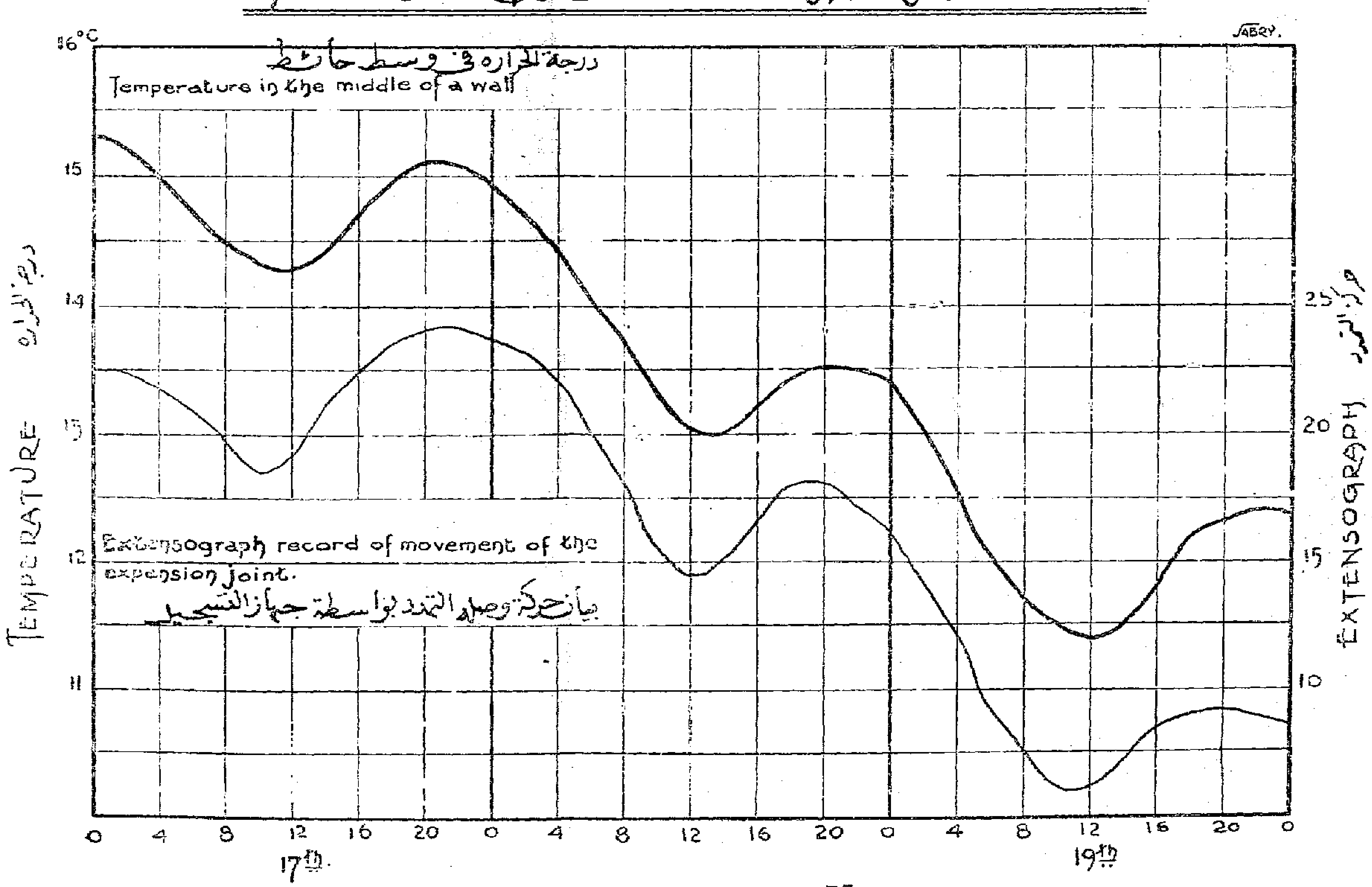
شکل ۳

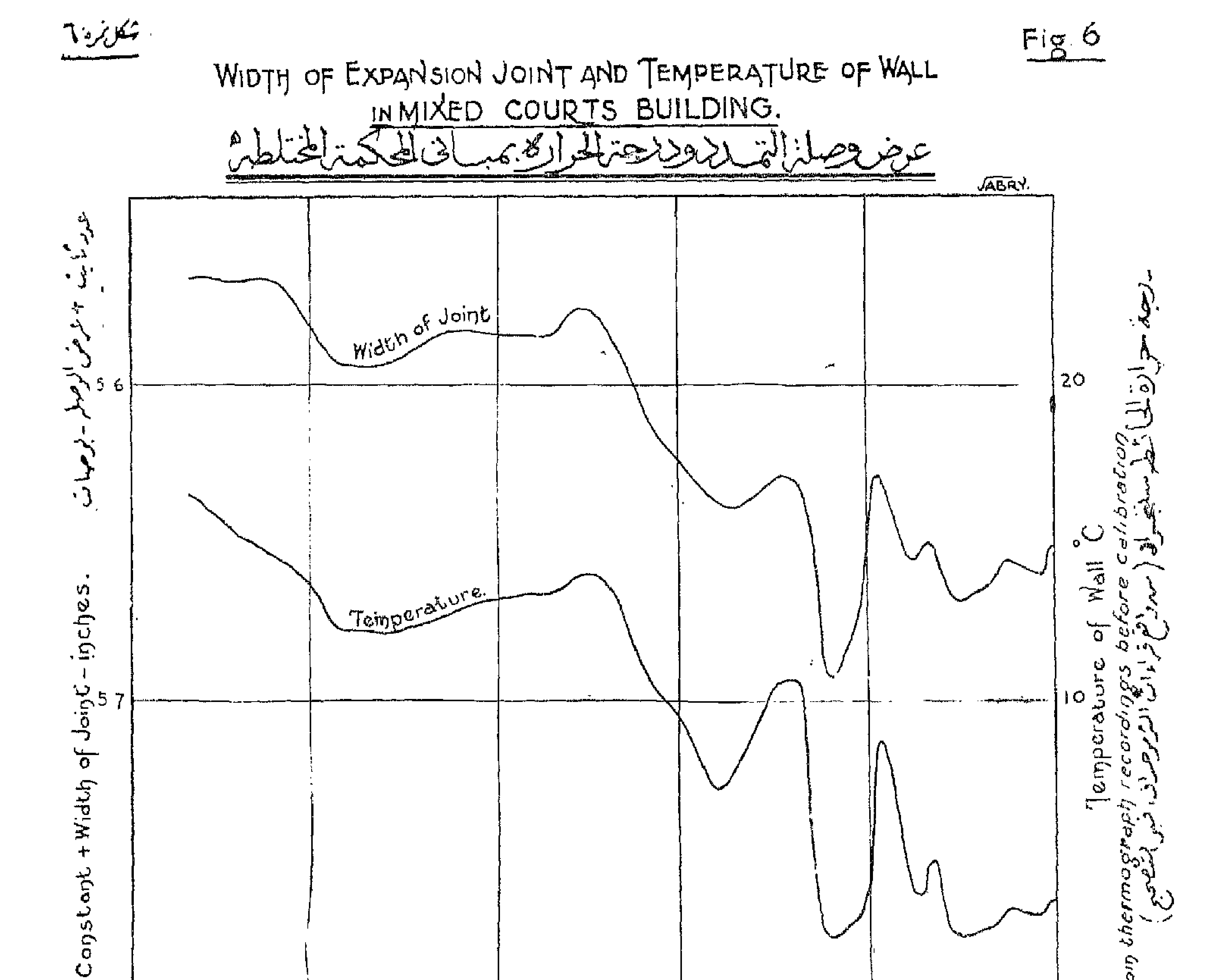
جهاز تسجيل التمدد Fig. 4.

EXTENSOGRAPH. شكل نمرة ٤

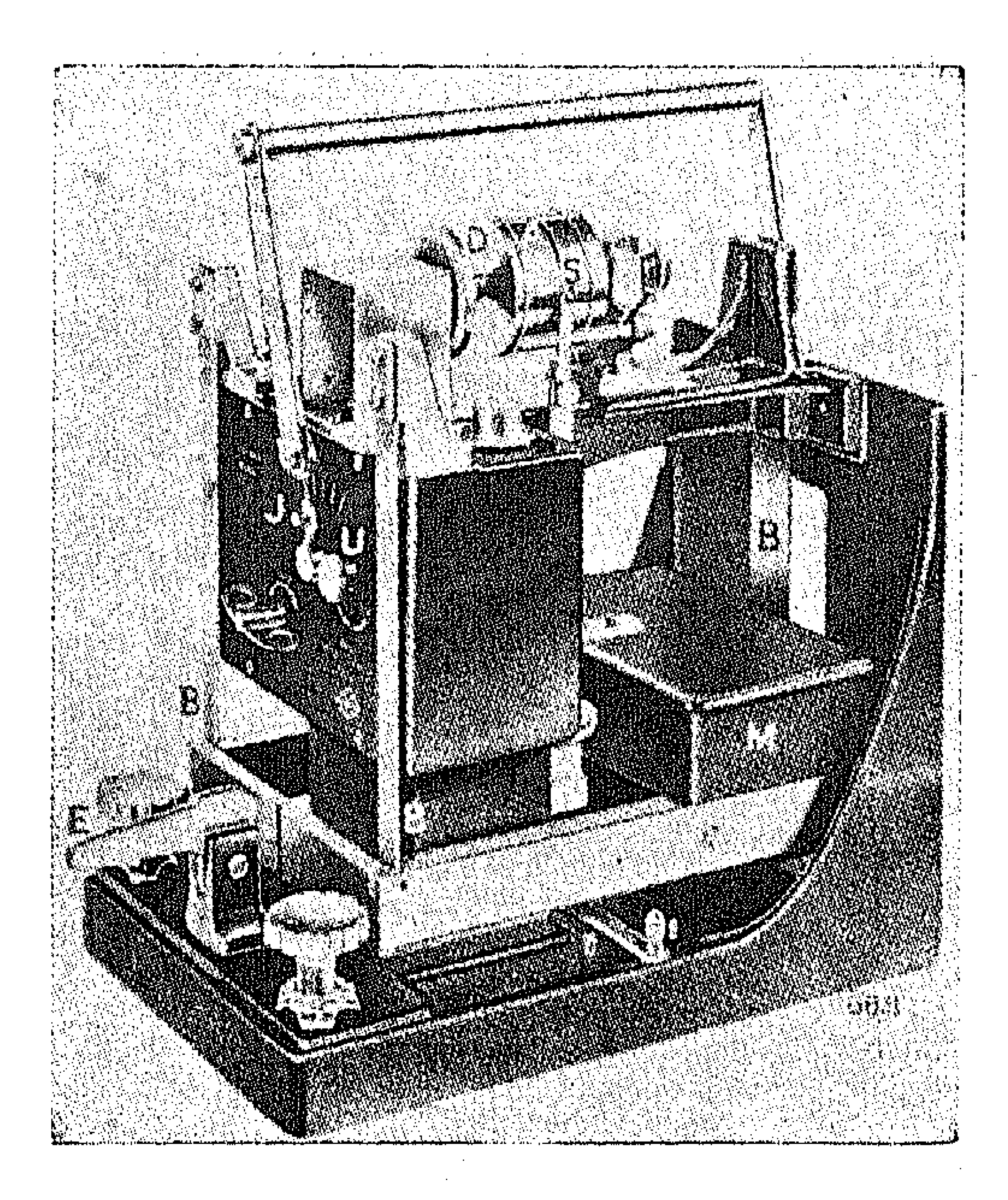


MIXED COURTS BUILDING مباني المحكمة المختلطة





شكل نمرة ٦
Fig. 6
WIDTH OF EXPANSION JOINT AND TEMPERATURE OF WALL IN MIXED COURTS BUILDING.
عرض وصلة التمدد ودرجة الحرارة بمبانى المحكمة المختلطة
SABRY.
Width of Joint
Temperature.
Constant + Width of Joint - inches.
5.6
5.7
5.8
20
10
0
Temperature of Wall °C
(From thermograph recordings before calibration)
Sept.
30 Oct.
31 Nov.
30 Dec.
31 Jan.
1934



شکل ۷

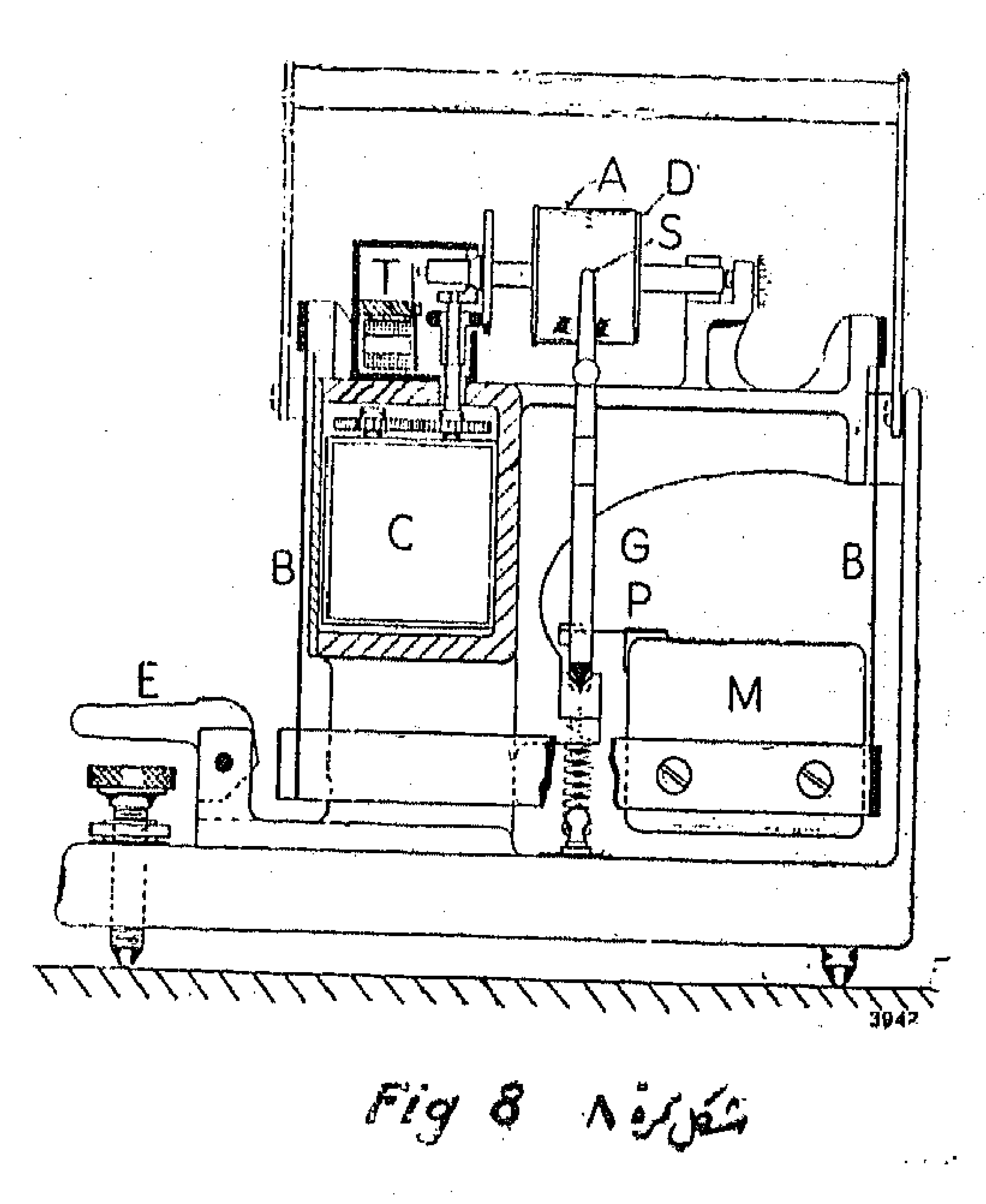
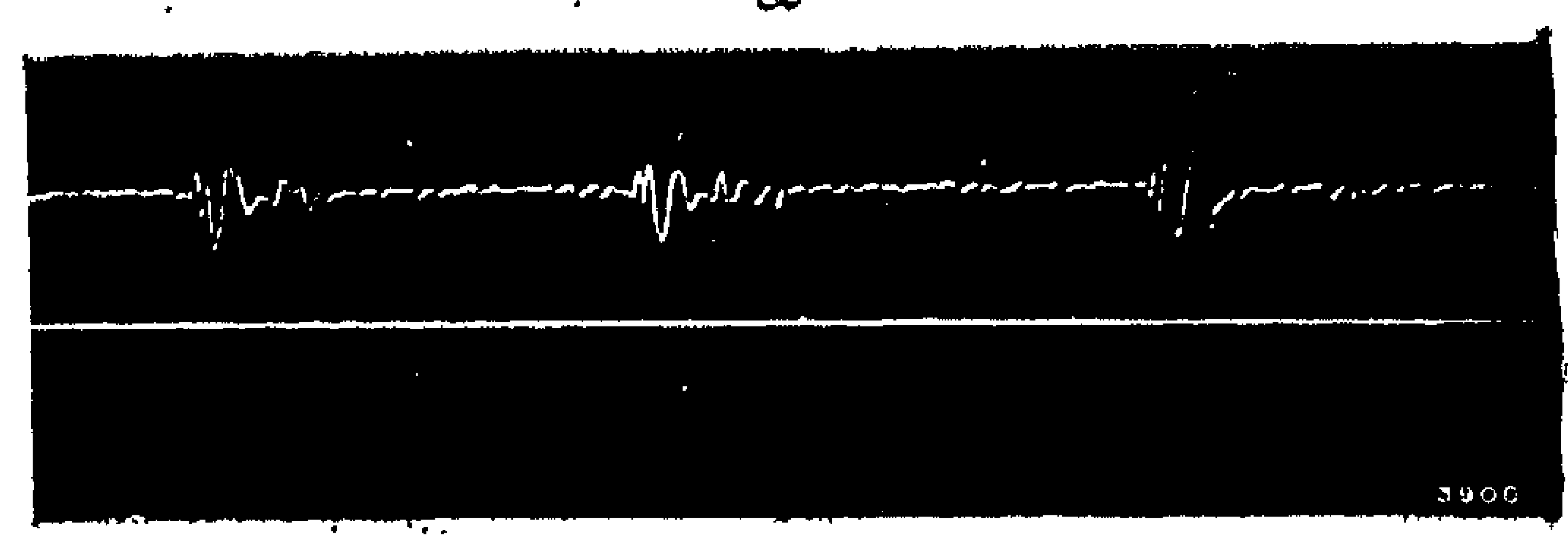


Fig 8 شکل نمرہ ۸





b (ب)

(a) Vertical and (b) Horizontal vibrations in a large building due to pile-driving in adjacent ground. (Magnification about 120 linear.)

(أ) رأسي و(ب) اهتزازات أفقية في مباني كبيرة مسببة من دق خوازيق في أراضي مجاورة

(تكبير طولياً بمقدار ١٢٠ مرة تقريباً)

شكل ٩

from a horizontal vibrograph *similar to the one* belonging to the Ministry of Puplic Works. This instrument could be used for recording vibrations of bridges or of machinery and might give evidence in the latter case of uneven working or lack of balance of the moving parts.

The Mass M is suspended by three vertical steel strips B from the stand. When horizontal vibration are imparted to the stand the inertia of the mass prevents the component of the movement in one direction from being transmitted to the mass, and the latter therefore remains stationary in this direction while the stand moves in accordance with the vibrations. The weight is connected by a metal stip P to the lever G which turns upon knife edges, and the movement of the stand relative to the weight causes this lever to execute corresponding small rocking movements which are recorded on the moving strip of celluloid A by the stylus S carried upon a spring attached to the end of the lever G.

The strip is wrapped around a split drum D, which is rotated by clockwork.

The speed of the film can be varied.

Time-datum lines are marked on the under surface of the stip by a second stylus which projects through the narrow gap between the two portions of the split drum D. This stylus is operated by the small electro-magnet T. Adjustments are provided for the zero position of the vibration-recording stylus, and for its pressure against the film, while it may be raised from the film surface in the manner described on page 3 when it is desired to remove or renew the film or to move the instrument. The clockwork mechanism is started or stopped by rotating a switch.

When the instrument is being transported the Mass M is clamped by means of the lever E. Adjustable screwed toes are provided for levelling the instrument, and a circular sprit level fitted on the upper portion of the stand facilitates this operation.

A convenient form of contact breaker has been designed to actuate the electromagnet which operates the time-recording stylus. It comprises a clock mechanism arranged to make and break an electric circuit at regular intervals of 0.1 second, causing definite "kicks" of the stylus at these intervals. The apparatus is not suitable for recording slow vibrations.

The celluloid records can be examined with a microscope or enlarged by photographs. They have the advantage that a record can be examined immediately it is made and the programme of work altered as required by the results obtained. This is much more convenient than photographic records which need to be developed and fixed before they can be examined. Fig. 9 shows some records

in the middle of a wall is about 1° C. Fig 5 shows how close is the relation between the width of the joint and the temperature inside the walls. The temperature inside a wall is measured by burying the bulb of special thermograph in the wall. The change of another expansion joint from September 20, 1933 to January 31. 1934 is shown in Fig. 6. We shall have to wait until the temperature returns to its former values to see if there has been any progressive change in the width of the expansion joint. The superposition of temperature changes on those due to settling of the building is a difficulty in interpreting these records.

3) **Measurement of vibrations of buildings.** During the war I was called to give an opinion on the possibility of damage to a water tank at Heliopolis owing to vibrations caused by the firing of heavy guns. To test this an apparatus was set up which consisted of a pool of mercury resting on the roof of the tank, a mirror to reflect the sun on to the mercury and a screen to receive the reflection of the sun from the mercury pool. This reflection remained perfectly steady when guns were fired but became very unsteady when anybody walked on the roof of the tank.

At the present time better means of recording vibrations are available. The Cambridge Scientific Instrument Company makes an instrument called a vibrograph. This can be obtained in two forms, one for recording horizontal, the other for recording vertical vibrations. In both a heavy weight is attached by light steel springs to a stand which carries a drum. The stand is placed on the structure whose vibrations are to be recorded, and so vibrates with the structure while the heavy weight tends to remain stationary. A lever attached to the weight carries a marking point or stylus which marks on a celluloid strip wound round the drum. The drum: is rotated by clockwork. The point makes a shallow cylindrical groove in the celluloid and this groove when illuminated acts as a lens and usually shows up as two parallel lines when seen through a microscope. Time marks can be made on the record by another stylus which is inside the drum behind the celluloid and which can be put in circuit with a battery and a clock giving contacts at intervals of 1/10 second.

In the horizontal vibrograph shown in Fig. 7 the amplitude of vibration is magnified 10 times.

The details of the apparatus are obvious from Fig. 8.

The invar wire is stretched by weights suspended by cords over pulleys which are screwed into holders in the walls.

When this is done it lies near the reference marks and the distance between the marks is read on scales on the invar wire. This method has given good results at the Mixed Courts, and shows how the building has contracted owing to the lowering of temperature which has taken place.

A length of 64 metres of the roof contracted 3.3 millimetres between November 1. 1933. and January 1. 1934.

The differential movements of the two sides of a crack or of an expansion joint can be measured with an ordinary micrometer. This consists of an accurate screw with a divided head to show fractions of a turn. To use this instrument metal studs are set in cement on either side of the crack so as to give definite points which move with the masonry and the distance between these studs is measured with the micrometer. This has been done at the Mixed Courts for some months.

An improvement on this is the Crack Micrometer of the Cambridge Scientific Instrument Company which is shown in Fig. 3. Two cylindrical rods of monel metal are set in the wall one on either side of the crack at the same level.

The micrometer rides on one, and the head is turned until the boss at its centre just touches the other rod, and the micrometer head is then read.

A crack micrometer has also been devised to measure the relative motion of the two sides of a crack perpendicular to the plane of the wall.

In order to register continuously the changes of width of an expansion joint or a crack an extensograph was constructed in the Physical Department Workshop. This apparatus consists of a clockwork drum which revolves once in a week and a recording pen which is connected to a system of levers. The drum is attached to one side of the joint, and so is the fulcrum of the pen, but the end of the system of levers is attached to the other side of the joint so that the relative motion of the two sides is magnified by the levers and recorded on a paper chart as in Fig. 4.

This instrument was designed to show the regular daily movement of the Mixed Courts building due to temperature.

The records show a regular daily variation of the width of the expansion joint of 1/20 millimetre. The daily range of temperature

need to be carefully protected against dust and corrosion.

If a building has cracked the motion of one side of the crack relative to the other can be measured with a Vernier arrangement, one scale being attached on one side and the other on the other side of the crack. (Fig. 1).

This instrument was made in the workshop of the Physical Department and is in use at the New Mixed Courts. It measures to tenths of millimetres. Relative motion of the sides of a crack can also be measured with a special instrument called a Crack Micrometer made by the Cambridge Scientific Instrument Co. This makes use of a sensitive level like the one already described and a micrometer screw and gives the vertical component of the relative motion (Fig. 2)

In setting up this instrument metal rods are fixed in the wall perpendicular to it on either side of the crack as in the figure and the micrometer is supported on these. The level is then adjusted by the micrometer screw and the reading of the micrometer head recorded. The difference in successive readings gives the relative motion of the sides of the crack in the interval. The rods should be of some metal which is not easily corroded, so that it retains its dimensions over long periods of time. Such a metal is "monel" metal an alloy of nickel (69 %), copper (28 %), iron (2 %) with small amounts of other substances.

2) Horizontal movements which are not vibratory.

In a large building the best way to measure changes of the horizontal distances between various parts of the building is with invar wires. Invar is an alloy of nickel and steel which has a very low coefficient of expansion with temperature. Thus

The coefficient of expansion of steel is 1/100.000 per degree centigrade
" " " " " the latest invar is 6/100.000.000
" " " " " brick walls is about 1/100.000
" " " " " masonry is about 5/1.000.000

Invar is extensively used to measure base-lines for surveys and owing to its small change of length with temperature can be made to give results of the highest precision. This method has been used by the Surveyof Egypt at the New Mixed Courts building. Brass rods with fine marks on them have been set in the walls at various points.

1931	Point No 8 Centre of Front of building Level in metres	Amount of sinking in Millimetres	Point No 23 (at back of building) Level in metres
March	19.744		19.992
June	.738	6	
Sep.	.733	5	
1932			
Jan.	.727	6	
March	.723	4	
June	.720	3	
Sept.	.715	5	
1933			
Jan.	.712	3	
March	.710	2	
June	.708	2	
Sept.	.707	1	
1934			
Jan.	.705	2	19.991

It will be seen that the settling of the front of the building is becoming slower while the back of the building is hardly settling at all.- This method gives the actual motion of the building relative to undisturbed points outside it.

A tilt of the building due to unequal settling might be measured by means of a sensitive spirit level applied to pins set in the wall of the building. A sensitive level will measure a tilt of 1 second of arc i.e. a differential settling of O. 1 m.m. on 20 metres. By suitable arrangements both tilts in the direction of the length and perpendicular to it could be measured. This method has not been tried in Egypt so far as known, but might well give satisfactory results. The pins would

joints. This happened in the case of some barracks at Abbasia about 25 years ago, and the author carried out measurements on the varitaion in length of one of the walls. Temperature movements make themselves felt on dams and are allowed for in the design of the heightened Aswan Dam.

5) Vibratory movements. These may be due to traffic along the streets near the building, machinery within the building or pile-driving near by. In very high buildings the wind may set up vibrations. as for example in tall chimneys.

6) Movements due to earthquakes. An earthquake disfurbance usually takes the form of waves which travel outwards trom the origin. These waves are of several kinds, but the ones which do damage to buildings are transverse waves travelling over the earth's surface. These are like waves on water and may be summed up as a rise and fall of the ground together with a tilt of the surface. It is the tilt which causes damage to buildings. In the Bulgarian earthquake of April 1928 the writer noticed that the most common damage was due to the fall of the chimneys of houses through the roofs.

METHODS OF MEASUREMENT

1) Vertical movements which are not vibratory. The best method is to use some form of precision level and determine with it the difference of level between marks set permanently in the building and benchmarks outside which are free from any disturbances. This method is used by the Survey to determine the vertical movement of the New Mixed Courts Building in Cairo. By the courtesy of the surveyor-General I am able to quote the following results of measurements made by the Survey of Egypt.

THE MEASUREMENT OF MOVEMENTS OF BUILDINGS.

NATURE OF THE MOVEMENTS.

The commonest forms of movement are the following:-

1) **Settlement or sinking.** This is due to the weight of the building and usually occurs when this weight is not properly distributed by the foundations, when the soil is of a plastic nature, and sometimes when the soil is running sand which is accessible to water action. In Chicago buildings have settled owing to the flow of plastic clay into excavations made on the other side of the street. A dockwall in London settled owing to the flow of sand into the exavation for another dock 500 metres away. Equal settlement all over the building usually does no harm, but unequal settlement produces cracks and sometimes collapse of the building.

2) **Rise and fall due to wetting and drying of the soil** This occurs on the cotton soil of the Sudan which swells in the rainy season and in the dry season contracts producing large and deep cracks in itself. This has caused a lot of damage to buildings and has also caused difficulty with bench marks and with river gauges. The only way to get a permanent mark is to put in screw piles sinking them into the soil below the cotton soil.

3) **Movements due to change of moisture content of materials.** The principal materials affected are wood and some kinds of porous stone. The swelling of these when wet may lead to sticking of doors and windows or to cracks in brick or stone work.

4) **Movements due to changes of temperature.** The expansion and contraction of long walls with changes of temperature is enough to cause cracks unless guarded against by expansion.

THE MEASUREMENT
OF MOVEMENTS OF BUILDINGS.

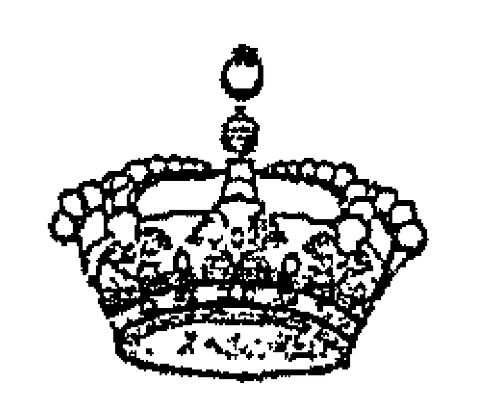
by

H.E. Hurst, C.M.G.; M.A.; D.Sc.; F. Inst.P.

Director General, Physical Departement,

Ministry of Public Works.

Al-Ettemad Press, Cairo.



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الخامسة من السنة الخامسة عشر

١٢٧

محاضرة

عن صناعة الأسمدة

من كهرباء خزان أسوان

لحضرة الدكتور محمود عمر

الأستاذ بمدرسة الهندسة الملكية

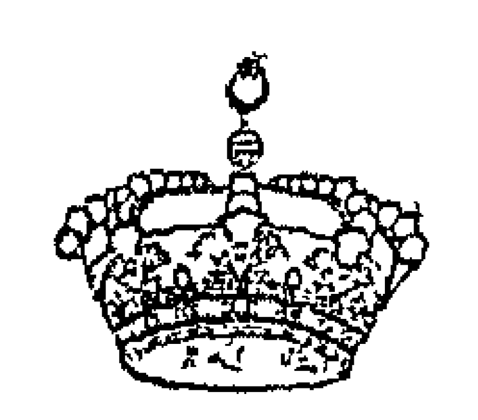
ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٣٠ مايو سنة ١٩٣٥

مطبعة الإعتماد بشارع حسن الأكبر بمصر

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شينى) ويرسل برسمها .



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الخامسة من السنة الخامسة عشر

١٢٧

محاضرة

عن صناعة الأسمدة

من كهرباء خزان أسوان

لحضرة الدكتور محمود عمر

الأستاذ بمدرسة الهندسة الملكية

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٣٠ مايو سنة ١٩٣٥

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر بمصر

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شينى) ويرسل برسمها .

صناعة الأسمدة

من كهرباء مساقط المياه

قبل البدء فى صناعة الأسمدة من الجو بمساعدة الكهرباء أود أن ألقى نظرة على التطورات التى دعت إلى هذا الاختراع الذى أحدث تطوراً هاماً فى تاريخ الصناعة وإلى أهميته فى التطورات الحالية وبالأخص بالنسبة إلى مصر .

يحتوى الهواء نحو ٨٠ ./. آزوتاً ونحو ٢٠ ./. أوكسيجينا وبعض الغازات الأخرى بكسور مختلفة ولقد ظل آزوت الهواء حتى بدء القرن العشرين لا يستفاد به من الوجهة الصناعية مطلقاً لشدة احتفاظ جزئ الآزوت بكيانه وعدم تداخله فى تفاعلات عادية ولما كان الآزوت الغازى لا يذوب فى الماء إلا بنسبة ضئيلة وهو كما يعلم الجميع مكون هام للمواد الزلالية فى النبات والحيوان . وجب إذن تحويله إلى أملاح ذائبة أو مركبات يمكن إدخالها إلى جذور الأشجار . وكان اعتماد الزراعة فى كافة أنحاء العالم على الآزوت الموجود فى ملح شيلى أو المستخرج من سلفات النشادر من تقطير الفحم الحجرى . وظلت شيلى حتى عام ١٩١٢ مصدر البلاد الزراعية بدرجة أن بلغ ما كان يستخرج من مناجمها فى ذلك العام نحو ٢و٥ مليون من الأطنان وبلغ ثمن الطن الواحد أكثر من ٢٠ جنيهاً مصرياً وتضاعف هذا المبلغ فى أثناء الحرب العظمى لشدة ما لهذه النترات من علاقة بصناعة

المفرقعات وكثير من الأملاح الأخرى المطلوبة فى الحروب . وهذا علاوة على مقادير النشادر المستخرجة بكميات وافرة من تقطير الفحم فقد أنتجت المانيا وحدها فى عام ١٩١٢ ما يقرب من ٥٠٠ ألف طن غير ممالك العالم الأخرى المالكة لمناجم شتى من الفحم الحجرى .

ولما كانت الحرب العالمية وقاست الدول الأوروبية من ضروب الحصر البحرى ما عاق وصول ملح شيلى إليها فتقت الحاجة حيلة العلماء فاستخدموا كنزاً قديماً لكافنديش أغناهم عن شراء هذا الملح . فلقد وجد هذا العالم فى أواخر القرن الثامن عشر أنه إذا مرر شرراً كهربائيا فى الهواء فان غازاً أحمراً يتكون ويذوب فى محلول الصودا ولكن هذه الفكرة أهملت لعدم إمكان تطبيقها عملياً — فلما حان الوقت وأصبح النصر فى الحرب لا يقوم أمامه ثمن عمدت المصانع إلى استغلال هذه المشاهدة حتى فازت فى عام ١٩١٦ بصناعة حامض الآزوتيك مباشرة من الهواء وتقدمت هذه الصناعة بالطرق المختلفة حتى غمرت أسواق العالم بعد أن وضعت الحرب أوزارها بدرجة اضطرت معها أسواق شيلى للهبوط فكان الطن فى عام ١٩٢١ بأثنى عشر جنيها و نصف . وفى عام ١٩٢٥ ، ١١ جنيهاً مصرياً وفى عام ١٩٣٠ عشرة جنيهات وفى عام ١٩٣٢ ، ٩,٤٠٠ جنيهات وبلغ ثمن ما استوردته مصر فى عام ١٩٢٥ من أصناف الأسمدة الازوتية المختلفة ¼ ٢ مليوناً من الجنيهات وفى عام ١٩٣١ ما قيمته نحو (١,٨٠٠٠٠٠ جنيه) وفى عام ١٩٣٢ رغم الأزمة الشديدة (١,٦٠٥٠٠٠ جنيه) وفى عام ١٩٣٣ نحو (١,٨٠٠٠٠٠ جنيه)

وبلغ ثمن كبريتات النشادر الصناعية التى تحتوى على ٢٠,٩ ٪ من

الآزوت نحو ١٠٠ر٨ جنيهات أى أقل ثمناً من نترات شيلى الطبيعية المحتوية ١٦٪ آزوتاً بأكثر من جنيه في الطن الواحد وهذا ما يرينا السبب فى هبوط ملح شيلى هذا الهبوط الكبير .

ويقدر نوع السماد الأزوتى عادة بمقدار الأزوت الذى يحتويه ويكون ذائباً فمثلا :

كبريتات النشادر تحتوى ٩ر٢٠٪ آزوتاً وكلورور النشادر ٢٥٪
نترات النشادر » ٣٦ ٪ « ونترات الجير ٢١٪
نترات الصودا » ١٦ ٪ « ونترات لونا(صناعى)٣٧٪

وهناك جملة مزيجات سمادية أخرى تحتوى أملاحاً مختلفة من الآزوت أو من الآزوت والفسفات . ولتعرف أهمية الأسمدة فى الزراعة نأتى على مختصر من ميزانية الأرض العادية فى مصر من إيرادها ومصروفها فى الآزوت.

فيكسب الفدان الواحد من الأرض المروية بماء النيل ما يأتى:

نحو ٦ كيلو جرام أزوت من الطمى ونحو ١١ كيلو جرام أكسيد فسفور

ونحو ٣٠ — ٤٠ كيلو جرام أزوت من المزروعات الأزوتية داخل الأرض (لوجمينز)

ونحو ٥٠ كيلوجرام أزوت للأراضى المنزرعة برسيماً ومستعملة كمرعى

فيقع على الفدان نحو ٩٥ كيلوجرام أزوت يضيع منها نحو الثلث فى ماء الصرف للقطن ويأخذ المحصول ما يتبقى مضافاً اليه طبعاً الازوت الصناعى الذى يضاف وهو نحو ٢٠٠ كيلو فى المتوسط

وقد كان مجموع ما استهلك من الأسمدة لتقوية الأراضى فى مصر بحسب الأعوام الزراعية (من يوليو) إلى نهاية يونيو من كل عام محسوبا على مقادير الأزوت كالآتى بالطن .

عام	١٩٢٧—٢٨	٢٩/٢٨	٣٠/٢٩	٣١/٣٠	٣٢/٣١	٣٣/٣٢	٣٤/٣٣
طن	٣٤٠٠٠	٣٦٠٠٠	٤٤٠٠٠	٤٠٠٠٠	٤٢٠٠٠	٣٩٠٠٠	٤٠٠٠٠

وكان مجموع ما أنتج فى العالم من الأسمدة الأزوتية فى الأعوام نفسها كالاتى بالألف طن أزوت

١٧٠٠   ٢٣٠٠   ٢٣٥٠   ١٧٠٠   ١٦٠٠   ١٧٠٠

وهى موزعة على جميع ممالك العالم أولها ألمانيا ثم اليابان ثم انجلترا وهى محسوبة على الأنواع المختلفة من الأسمدة الازوتية مثل نترات الصودا ونترات الجير والجير النشادرى والسياناميز

ويقع على البلاد الزراعية المتمدينة المقادير الآتية من الأسمدة الأزوتية عن كل هكتار منزرع

اليابان ٤١٫٥ كجرام أزوت   مصر ٢٠٫٥   ألمانيا ١٨٫٢   هلاندا ٧٧
الولايات المتحدة ١٫٥   اليونان ٫٨   إيطاليا ٣٫٥   رومانيا ٫٠٠٣

وإذا راعينا أن معظم أراضى مصر تعطى محصولين كان هذا الرقم مضاعفا بالنسبة للبلاد الأخرى .

ونرى من كل هذا الاحصاء تزايد المقطوعية باستمرار إذا استثنينا ثلاث السنين العجاف التى أشتدت فيها الأزمة الزراعية إذ نرى بعد ذلك انتعاشاً فى ٣٣ / ٣٤ .

كما أننا نستنتج أن زيادة اهتمام العالم بالمحاصيل الزراعية وهى كنز فى الممالك لا يفنى وتقدم العمران والاضطرار إلى تحسين الأراضى البور — كان ذلك كله من دواعى التفاؤل القوى لاستغلال مثل هذه الصناعة فى مصر — بدون التعرض طبعاً للاحوال الاقتصادية العالمية . كما أننا يمكننا أن نتفاءل بأن المقدار المستعمل فى مصر وهو نحو ٥ر٢٠ كيلوجرام الان على الهكتار من الأرض يمكن أن يصير عشرة أمثال هذا المقدار إذا استغل كل فدان ما يصح أن يستغله ليخرج من الأرض أقصى محصول .

صناعة الأسمدة الآزوتية

كانت العقبة الكؤود فى صناعة الأسمدة الآزوتية هى وحدة جزئىء الازوت وعدم تفككها واتحادها بالعناصر الأخرى ومن ثم كان كل مجهود الباحثين منصرف إلى تقسيم جزئى الآزوت إلى ذراتها وقد توصلوا فعلا لذلك بطريقتين عامتين . أولاهما اتحاد الآزوت بعناصر أخرى بالعامل الوسيط والضغط والثانية بإحراق الهواء بالشرر الكهربائى — وأهم هذه الطرق صناعيا الآن هى صناعة النشادر من مكوناته ثم حرقه مع الهواء إلى حامض الازوتيك إذ أن اتحاد الازوت بالايدروجين أسهل منه بالأوكسيجين ورغم ازدواج العملية للحصول على حامض الأزوتيك فان النسبة النهائية أعلى مما لو كان الاحتراق مباشرة . وللبدء فى هذه العملية — عملية تحضير النشادر — يجب أولا تحضير الأزوت نقياً من الهواء وتحضير الايدروجين .

أما تحضير الأزوت فكان يصنع أولا بواسطة احتراق النحاس فى الهواء فيأخذ الأوكسيجين ويتبقى الأزوت وهى طريقة عتيقة وفى معظم الأحيان يكون الآزوت ممتزجا ببعض الغازات الأخرى مثل ثانى أكسيد الكربون والهليوم وغيرها ويستخلص الآزوت حديثاً بتقطير الهواء السائل تقطيراً جزئياً وأحدث هذه الطرق بواسطة عمود التقطير المزدوج [Linde Eismaschine] وهو عبارة عن سلسلة مقطرات للهواء السائل وهذا الجهاز كما هو موضح فى شكل (١) يحتوى على عمودين للتبريد فيدخل الهواء المنقى المبرد إلى أقل من ١٥٠° تحت ضغط نحو ٥٠ جو فى المكثف (١) فيتحول إلى سائل ويخرج من (٢) بعد أن يخفف الضغط من عليه فينزل الاوكسيجين السائل إلى أسفل بينما الازوت يتبخر لما بينهما من فرق فى درجة التبخر والضغط ويتبخر أيضاً جزء من الأوكسيجين مع الأزوت مكونا نحو ٤٠٪ منه وبملامسة هذه الغازات للاكسيجين السائل النازل من أعلى يسيل بعض الأوكسيجين ثانيا وبهذه الطريقة يصير الأزوت نقيا بالتدريج إلى أن يصل إلى المكثف الأعلى (٣) حيث يضغط ثانيا المزيج ويرفع الأزوت السائل (المحتوى قليلا من الاوكسيجين) إلى أعلى العمود الثانى (٤) حيث ينزل فيه فيتبخر وينقى بالطريقة نفسها حتى يصل إلى نحو ١٠٠ ٪ آزوت ويؤخذ كغاز من الفتحة (٥) . والأزوت الغازى يسيل فى — ١٩٥٫٧° تحت الضغط المعتاد بينما يسيل الاوكسيجين فى — ١٤٨٫٥ .

والازوت يحتاج فى تسييله فى درجة حرارته الحرجة (— ١٤٧°)

إلى ٣٤٫٥ جو تقريبا وفى (— ١٦٣) إلى ١٤ كيلو جرام سنتيمتر ضغط وفى (— ١٨٠°) إلى نحو ٤ كيلو جرام سنتيمتر ويزن اللتر منه فى الحالة الغازية ١٫١٤٨ جرام وكثافته وهو سائل أقل من الماء (٠٫٨٠٨) عند درجة التسييل وتبلغ حرارة تبخر السائل (عند درجة تبخره) نحو ٤٧ سعرا للكيلو جرام .

أما تكاليف إنتاج المتر المكعب من هذا الغاز مع حساب استهلاك رأس المال والماكينات فيتوقف عادة على إدارة المصنع إذا كان العمل طول الـ ٢٤ ساعة وكمية الإنتاج فاذا زادت هذه عن ٤٠٠٠ متر مكعب ساعة كانت تكاليف المتر المكعب ما يعادل $\frac{١}{٤}$ — $\frac{١}{٣}$ كيلووات ساعة .

أما إذا قل الانتاج عن ٤٠٠٠ متر مكعب ساعة كانت التكاليف أكثر قليلا .

أما الايدروجين وهو المكون الثانى للنشادر فيحضر من تحليل الماء Ho_2 بالعوامل المختلفة فيحضر فى أوربا مثلا بتحليل المـــاء بواسطة الفحم الكوك المكدس وبمرور الماء عليه فى درجة حرارة احمراره يحللها إلى عناصرها الأوكسيجين - ويكون معه أول أكسيد الكربون والايدروجين ويبقى ممتزجا به . وهذا المزيج ويسمى غاز المـــاء يحتوى تقريباً ٥٠٪ إيدروجينا ، ٤٢٪ أول أكسيد الكربون ، ٥٪ أزوتا ، ٣٪ ثانى أكسيد الكربون ويمكن استخلاص الايدروجين من هذا المزيج بجملة طرق صناعية منها أكسدة أول أكسيد الكربون بواسطة غاز الماء ثانيا بالضغط والحرارة ثم امتصاص ثانى أكسيد الكربون أو

تبريده فيتحول سائلا ويبقى الايدروجين فى حالته الغازية فيجمع . ويتحول ثانى أكسيد الكربون إلى سائل فى (— ٧٠°) مئوية بينما الايدروجين يسيل فى — ٢٥٣° تقريبا وكذلك يمكن امتصاص أول وثانى أكسيد الكربون بواسطة ماء الجير — ويتبقى الايدروجين .

وقد يحضر الايدروجين أيضا من بخار الماء بواسطة تمريره الأخير على الحديد المنصهر فى أفران خاصة فيتأكسد الحديد على حساب بخار الماء ويتبقى الايدروجين حراً ويختزل أكسيد الحديد ثانياً بواسطة أول أكسيد الكربون أو غاز الماء وتعاد العملية الأولى وهكذا فيمكن استعمال الحديد على التوالى واستخراج الايدروجين من بخار الماء وهى طريقة تحتاج إلى فحم كثير للاختزال وتسخين الحديد .

أما طريقة تحليل الماء كهربائياً — وهى فى اعتقادى أجدى الطرق لحالة مصر لعدم وجود الفحم بكمية وبثمن يمكن اتخاذه كخام لتحضير غاز الماء . فهى تتلخص فى إمرار تيار كهربائى فى محلول نحو ٢٨ ٪ من الصودا الكاوية فى بطاريات حديدية ذات أقطاب من الحديد عالية ومحاط كل منها بكيس من الحرير الصخرى Asbestos ليمتنع تسرب غاز الايدروجين من القطب السالب إلى غاز الأكسيجين المكون على القطب الموجب وحتى لا يمتزجا كما هو مبين بالشكل (٢) وهذه الخليات تختلف باختلاف المادة العازلة واختلاف الأقطاب وأهمها الآن بطارية شوكارت — ومتوسط قوة البطارية نحو ١٢٠٠ أمبير وبها عدة لوحات حديدية متصلة بالتوالى وفرق القوة الدافعة الكهربائية من أول دخولها البطارية إلى خروجها منها

نحو ٢٣ فولت — ويتكلف فى مثل هذه البطارية المتر المكعب من الايدروجين ونصف المتر من الأكسيجين نحو ٤٫٦ — ٥٫٢ كيلووات ساعة بحسب عدد الأمبيرات وتبلغ نقاوة الايدروجين من هذا الجهاز ١٠٠ ٪ والأوكسيجين كذلك وأكبر محطة من هذه البطاريات حتى عام ١٩٣٢ أنشت فى فرنسا وبها ٨٠٠ بطارية منظمة فى ٤٠ صف ولكل مائتين منها اتصال كهربائى بقوة دافعة ٥٠٠ فولت وقوتها ٨٦٠٠ أمبير ومحطة أخرى فى كولومبيا البريطانية وبها ٣٠٦ بطارية تشتغل ب ١٠ آلاف أمبير وتخرج فى الساعة نحو ١٤٠٠ متر مكعب إيدروجين ، ٧٠٠ متر مكعب أوكسيجين وهناك خليات توزر وأكثر استعمالها فى إيطاليا ففى بلدة Crotone بشركة النشادر عدة بطاريات تشتغل على قوة دافعة ٧٠٠ فولت وقوة كهربائية ١٤٠٠٠ أمبير حيث يقع على كل خلية ٢٫٣ فولت ومجموع قوة المحطة ٣٠٠٠٠ ألف كيلووات ويتكلف فيها المتر المكعب من الايدروجين ٥٫٥٦ كيلووات الساعة — وخليات زالى وهامبو كثيرة الاستعمال أيضا .

فنرى من ذلك أن متوسط القوة الدافعة الكهربائية لكل بطارية يتراوح بين ٢ ، ٢٫٥ وعدد الامبيرات تختلف بحسب قوة المساقط فينتج إنتاجاً اقتصادياً وتختلف الخليات كما ذكرنا فى نوع المادة العازلة — السمنت أو الحرير الصخرى أو شبكة معدنية وخليات هامبو تمتاز بارتفاعها وقلة المكان المطلوب لها أما خليات شوكرت فتمتاز برخص إنتاجها وقلة التغيير فى أجزائها فالعازل يمكث سبع سنوات والألكترودات نحو ٩ سنين

وملء البطاريات كل سنتين — أما بطاريات الرصاص فقليلة الاستعمال لثقلها

وقد يحضر الايدروجين أيضا بجملة طرق أخرى بتفاعل الماء أو الحوامض على بعض المركبات مثل كربيد الكلسيوم والفروسليكون وغيرها وكل هذه الطرق لا أهمية لها فى هذا المقام لعدم تيسر استعمالها .

والآن وقد وصلنا إلى هذه النتيجة أى استخلاص الازوت من الهواء ثم الايدروجين من الماء نأتى الآن إلى تحضير النشادر من هذين الغازين وقبل الخوض فى الطرق المختلفة لتجمع هذين الغازين أود أن ألقى نظرة عامة على ما يحيط هذا التفاعل من ظروف وتأثير خواص الغازات فيه فقد ذكرت قبل الآن أن الآزوت غير قابل للتفاعل فى حالته الطبيعية إذ أن جزيئه ليس من الجزيئات النشيطة وبناء عليه وجب تنشيطه باحدى الطرق الفعالة لنخرجه عن هذا الكسل الطبيعى . وإحدى هذه الطرق وأهمها تأثيرا هى بواسطة العامل المساعد . ونظرية هذه المساعدة هى امتصاص الغاز (الآزوت) باحدى هذه العوامل . امتصاصا سطحيا ثم إعطائه ثانيا فى حالة الذرية فيصبح نشيطا . وهذه العوامل المساعدة مثل كربيد الحديد أو أكسيد الكوبلت أو الأسميدم أو الفنادين أو البلاتين أو غيرها تملك هذه الخاصية ولكنها ليست فى الحرارة المعتادة بل فى درجات من ٥٠٠ — ٦٠٠° م وهذا ما يزيد الطريقة تعقيدا لتأثير الحرارة فى تحلل جزيئات الآزوت المركب . وهناك طرق أخرى لتنشيط الأزوت باتحاده مع الألمنيوم أو مع كربيد الجير سنأتى عليها بعد .

وطريقة العامل الوسيط هذه هى المستعملة فى تثبيت الأزوت باتحاده

مع الايدروجين لتكوين النشادر وتتوقف عملية النشادر بعد التنشيط بالعامل الوسيط على نظريتين أساسيتين .

الأولى : إن حجما من الأزوت يتحد بثلاثة أحجام من الايدروجين ليكون حجمين من النشادر أى أن أربعة أحجام غازات تتقلص إلى حجمين من النشادر الغازى ومعنى هذا بحسب نظرية أفوجادرو وقانون تأثير القوى أن الضغط لابد وأن يساعد هذا التفاعل إذ أنه (أى الضغط) سيؤثر على الأربعة حجوم غازات فتتجه إلى الاتجاه الذى يقل فيه الضغط أى إلى اتجاه تكوين النشادر الذى هو أقل حجما .

الثانية : إن تكوين النشادر يعطى حرارة وهذه الحرارة تساعد على تحلل النشادر إذ أن $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3 +$

توازن التفاعل يتجه إلى كفة النشادر فى البرودة ولذا كانت سرعة التبريد ضرورية لاستبقاء جزء كبير من النشادر المتكون قبل تحلله — وهذا طبعاً غير تأثير الحرارة التى يجب أن تعطى للعامل الوسيط — ويساعد عدم تحلل النشادر فى مثل هذه الحال بالضغط أيضاً لجمع جزء من المتحلل وإعادة تكوينه ولنرى الآن تأثير الضغط فى إعادة تجمع النشادر بالجدول الآتى فى ٢٠٠° بعد تحلله .

ضغط جوى	واحد	٣٠	١٠٠	٢٠٠
نسبة المتكون	١٥,٣ ٪	٦٧,٧	٨٠,٦	٨٥,٦

أما فى درجات الحرارة العالية فيتحلل جزء أكبر فيتبقى مع ضغط ٢٠٠ جو فى درجة ٥٠٠° (درجة العامل الوسيط) نحو ٢٥ ٪ . هذا إذا

ضغطت الغازات إلى مدة طويلة أما إذا كان تيار الغازات مستمرا (كما هو الحال دائما فى الصناعات الغــازية) فيتبقى نحو ٨ ٪ وبأتم الطرق التبريدية الحديثة نحو ١٢ ٪ من كمية النشادر وهى نسبة صناعية جيدة.

وأهم الطرق المستعملة لعمل النشــادر من مركباته أربع طرق — طريقة هابر وفوزر وكاتالى وكلودر والطريقتان الأوليان تشتغلان بضغوط لا تزيد عن ٢٠٠ جو أما الطريقة الثالثة والرابعـــة فتشتغلان على ضغط ٨٠٠ — ١٠٠٠ جو — وتختلف الطرق الثلاث الأولى فى تحضير الغازات الأساسية أولا ثم فى تصميم الفرن النشادرى ثانيا وفى كمية الضغوط ثالثا ولنبدأ بأهمها وأكثرها إتباعاً وهى عملية هابر: (شكل ٣).

تتلخص هذه العملية بعد تحضير الآزوت من ضواغط الهواء (طريقة لندا) ثم تحضير الايدروجين من غاز الماء بعد تنقية أول أكسيد الكربون بواسطة بخار الماء وتنقيته وامتصاصه كثانى أكسيد الكربون يؤخذ — مزيج الغازين المبرد فى ١٤ ويمرر فى فرن من الصلب فيمران على العــامل الوسيط — وهو غالباً كربيد الحديد أو الكوبلت المسخن فى درجة ٤٥٠ — ٥٠٠°م بسرعة هادئة تحت ضغط ٢٠٠ جو (١٦) فيتجمع نحو ١٢ ٪ من الغازين إلى نشادر ثم ينزل من النشادر السائل من أسفل الفرن إلى الطلمبة وبها يضغط مع الغازات الأخرى المتبقية إلى ١٢ وهنا يفصل الغاز المتكون إلى نشادر إلى المبرد ١٥ ومنها يسحب بينما الغــازات غير المتحدة تخرج ثانياً من ١٢ إلى المبرد ١٤ وتعود بدورها إلى الفرن ١٦ وهكذا وهذه الطريقة لا تحتاج إلى كهرباء كبيرة لعدم استعمالها فى تحضير الايدروجين.

أما طريقة فوزر فكما هو مبين فى شكل (٤) يحضر الأيدروجين بواسطة بطاريات تحليل الماء كما شرحناها من قبل (١) ويتجمع الايدروجين من القطب السالب فوق غازمتر ٢ يمتص الايدروجين بواسطة المضخة ١٤ إلى إناء ١٣ حيث يمزج فى هذا الاناء بنسبة ٣ أحجام إيدروجين إلى حجم واحد آزوت ومنه إلى الغازومتر ٤ وبواسطة المضخة يمتص ٣ ويضغط إلى الفرن ٦ ويبلغ ارتفاعه ٨ أمتار وفيه العامل الوسيط المسخن إلى ٥٠٠° — وهو غالباً كربيد الحديد وتمر الغازات تحت ضغط ٢٥٠ جو فتتحد ثم تبرد فى ٨ ، ٩ ، ١٠ ويؤخذ النشادر إلى ١١ حيث يخرج الهواء بنسبة ٤ نشادر إلى ٤٠ هواء أو أربعة نشادر إلى ٨ أوكسيجين ليحترق إلى حامض الآزوتيك فى فرق ١٢ ويركز فى الأبراج ١٥ وبذا تكون قد انتهت العملية .

وتتلخص طريقة كزالى فى إدخال مزيج الغازات الآزوت والايدروجين إلى الضاغط (٢) الذى يضغط الغازات على ست خطوات إلى ٨٠٠ جو وبعد تنقية الغازات فى ٤ ، ٥ يدخل إلى الفرن ٦ فيمر على العامل الوسيط وهو المسخن إلى نحو ٥٠٠° وفى هذا الفرن يتحول نحو ٢٠٪ من الغازات إلى نشادر ثم يبرد النشادر إلى ٢٠٠° وينقل منها إلى مبرد آخر (٧) وبعد تحوله إلى سائل يؤخذ إلى المستودع ٨ تحت ضغط أخف ثم يخفف الضغط ثانياً فى المستودع (٩) حتى يصل إلى ٢٠ جو فقط حيث يؤخذ النشادر السائل من الفتحة ١٠ أما النشادر الذى يتسرب فيذوب

فى الماء فى إناء ١٢ ومنها يؤخذ محلول النشادر . (شكل ٥)

ويستعمل فى كل هذه الطرق بحسب الباتنتات المختلفة أفران مختلفة لاتحاد الغازات وهذا هو أهم فارق بين الطرق المختلفة ولنضرب مثلا لذلك فرن النشادر فى طريقه كازالى : ففى هذا الفرن تدخل الغازات كما هو مبين فى شكل ٦ من فتحة (١) ويمر مزيج الغازات بالنسبة المحددة على العامل الوسيط المسخن ٤ بواسطة مقاومة تيار كهربائى فى ٥٠٠° (٣) ويبرد المزيج المتحد بعد ذلك بواسطة المبردات ٢ ، ٢ ا بتيار الهواء السائل ويمزج النشادر بالسائل المضغوط بعدئذ من الفتحة (٥) وهذه الأفران فى الغالب محاطة بجملة أسرار صناعية كنوع العامل الوسيط وحرارته وطريقة التبريد وتفاصيلها وضغط الغازات وسرعتها وهلم جرا .

وهناك طريقة أخرى لعمل النشادر من خاماته وهى طريقة كلود وفيها تضغط الغازات تحت ١٠٠٠ جو وهى تعطى نسبة أعلى من سواها عن الكيلووات ساعة إلا أن انتاجها محدود ومصانعها عالية التكاليف بدرجة تعوق استعمالها فى كل مكان وبسهولة مع كثرة الانتاج .

أما طريقة تثبيت الازوت باتحاده مع كربيد الكلسيو إلى سياناميد الجير فتحتاج إلى فحم كثير أولا لاختزال الجير إلى معدن الكاسيوم ثم اتحاده إلى كربيد الجير ويتحول بعد ذلك إلى كربونات الجير الذى هو منتج ثانوى لاثمن له فى مصر لوجوده بكثرة ولا تستغل فيه الكهرباء إلا بقدر تسخين الأفران ولذا فليس من حسن استغلال كهرباء خزان أسوان اختيار هذه الطريقة .

أما طرق تثبيت الآزوت مباشرة مع أكسيجين الهواء ليكون أكسيد الازوت بالاحتراق الكهربائى فى أفران متعـددة متحدة فى النظريات وهى تعريض أكبرحجم من الهواء الى سطوح الشرر الكهربائى الذى يتولد بين أقطاب كهربائية بطريقة أو بالأخرى .

ومن هذه الأفران أفران شونهر التى تدخل الهواء الى الفرن بطريقة ملامسة لحائطه فيحدث فى تياره دورانا حلزونيا يعرض سطحا أكبر من الهواء للشرر .

أو فرن بولنج ويمرر الهواء على قطبين منفرجين تتطاول بينهما الشرر الى أن تنقطع — ويتعرض أيضا سطح الهواء هنا لتأثير الشرر بكمية لا بأس بها .

ثم أشهرها وهو فرن بركلاندوايدا . ففى هذا الفرن مغنطيسان كهربائيان موصلان الى تيار متغير الأقطاب المغنطيسية من موجبة الى سالبة وبالعكس ٤٠٠٠ مرة فى الدقيقـــة وعمودى على محور هذين المغنطيسين قطبان كهربائيان آخران يبعثان بشرارة قوية بينهما . فتلقط هذه الشرارة من قطب الى الآخر بهذه السرعة مكونة فما بين المغنطيسين منطقة عالية الحرارة . الشمس الكهربائية . وبمرور الهواء الآتى من أسفل الفرن واختراقه لهذه المنطقة يتكون فيه أكسيد الازوت بنسبة لا بأس بها

وكل هذه الأفران مهمـا كلمت فى احتياطهـا فسرعة تحلل أول أكسيد الازوت فى درجة حرارة هذه الأفران وهى حوالى ٣٢٠٠ (وهى أكثر درجة نسبيا يتكون فيها أول أكسيد الازوت) أقول سرعة التحلل

عالية جداً بدرجة يتعذر فيها على الصناعة الحصول على أكثر من نسبة معدودة من أكسيد الازوت سليما . ولأضرب لكم مثلا يبين سرعة هذا التحلل أذكر أنه فى هذه الدرجة ٣٢٠٠ تكون حوالى ١/٥٠٠٠٠٠ من الثانية كما حسبها العالم نرنست ومن هنا يتضح صعوبة التحايل على استبقاء جزء أكبر . ويصل تكاليف كل ٨٠ جرام (فى أحسن الأحوال) من حامض الازوتيك نحو ١ كيلووات ساعة أى أن كيلو جرام الأزوت يكلف نحو ٧٥ كيلووات ساعة . وهذا أيضا لا يأتى فى الاعتبار للصناعة فى مصر مهما رخص انتاج الكهرباء .

وبعد هذا المختصر العلمى أسوق إليكم بعض الأرقام الاحصائية عن أى الطرق أقرب الى الاستغلال فى مصر مع مقارنة بسيطة للطرق الأخرى

يتكلف كيلوجرام الأزوت لتحويله الى نشادر بطريقة هابر نحو ١٥ر١ كيلووات ساعة ويزيد على ذلك تكاليف تحضير الأزوت (نحو ٢ر كيلووات ساعة) وتكاليف الايدروجين (نحو ١٥ كيلورات ساعه وحرقه الى حامض الازونيك ٢ — ٣ كيلورات ساعه فيكون المجموع ١٩ — ٢٠ كيلورات ساعة بينما يتكلف كيلوجرام الأروت المتحد الى نشادر فى طريقة السيانميد نحو ٢٠ كيلووات ساعة أضف الى ذلك تكاليف حرق النشادر من ٢ — ٣ كيلووات ساعة أى نحو ٢٢ — ٢٣ كيلووات ساعة أما فى طريقة حرق الهواء مباشرة بالأفران المختلفة فتصل فى أحسن أحوال الحرق والتبريد لكل كيلوجرام أزوت متحد من ٧٠ — ٧٥ كيلووات ساعة

هذا طبعا بدون النظر الى الخامات ففى الحالة الأولى والثانية ينعدم ثمن الخامات اذ أنها الهواء والماء بينما فى الحالة الثانية يضاف ثمن الكربون الذى سيتحول الى السياناميد .

ويتكلف فى طريقة هابر المتر المكعب من الايدروجين المحضر من غاز الماء نحو مليم ونصف مليم أى ما يعادل فى الايدروجين الكهربائى نحو ٠,٣ مليم للكيلووات ساعة .

وتكون اذن العملية اقتصادية اذا أمكن تحضير الكيلووات ساعة كهربائيا فى التيار المتواصل (D. C.) الواطىء الدفع بما يعادل ½ ثمن كيلوجرام فحم الكوك والا كانت طريقة غاز الماء أجدى .

وكل هذه الحسابات محسوبة على المقاس الصناعى الكبير .

ولمقارنة الأثمان العالمية لكيلوجرام الأزوت اعتمد فى عام ١٩٢٥ مقدرة بالفرنك الذهب كالآتى : —

مصنع	كيلو جرام N_2 فرنك	مصنع	كيلو جرام N_2 فرنك	مصنع	كيلوجرام زدت فرنك
B.A.S.F. (ادبار)	٦٢,٣	بلنجهام	٧٢,٠	نوفارا	٦٥,٢
مرسبرج	٥٨,٥	شفيلد	٧٧,٨	بثين	٦٥,٣
				نيرامنتو يرو	٦٩,٤

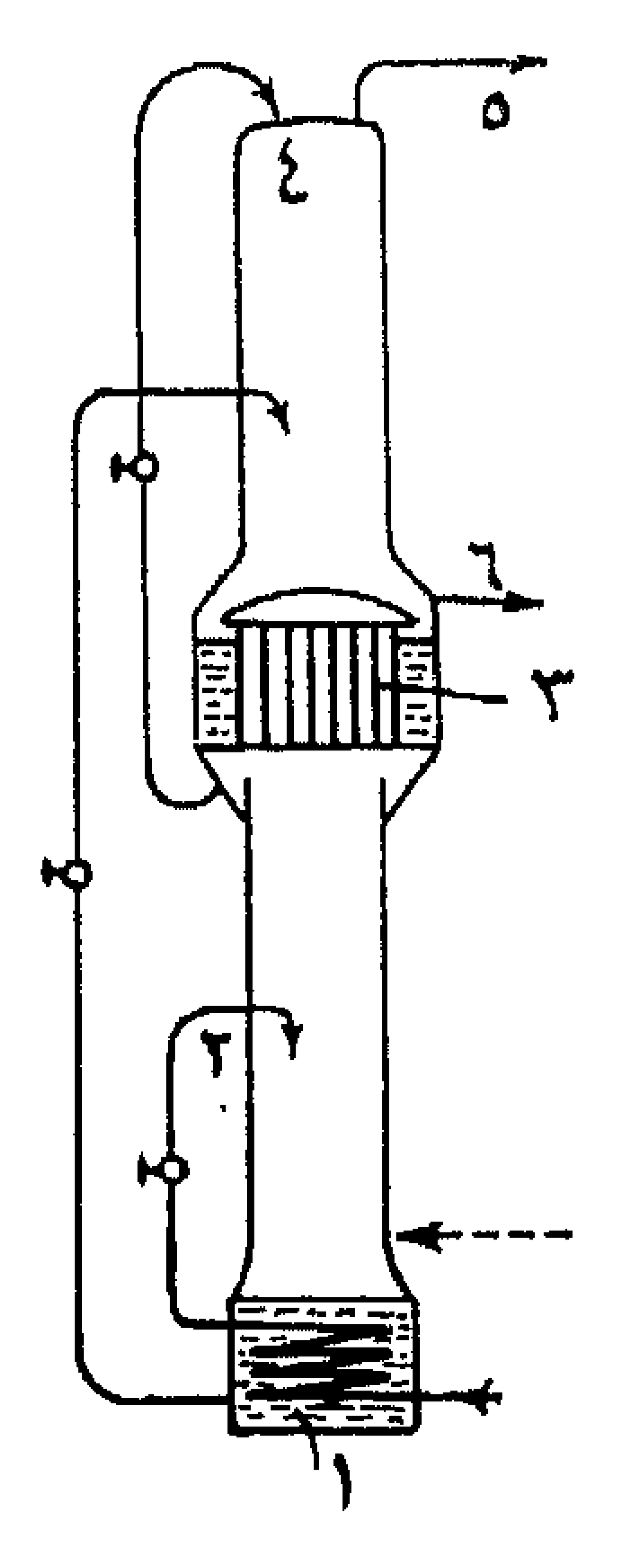
وقد يكون تحويل حامض الأزونيك فى مصر الى نترات الجير هو أرخص الأمكانات لوجود كربونات الجير فى الأراضى المصرية بصفة لا بأس بها فى النقاوة ومنها ما هو قريب من الخزان ويمكن نقلها اليه

بمجهود بسيط كما أنه ولا شك من الممكن استعمال كربونات الصودا من وادى النطرون اذا أريد تحضير نترات الصوديوم أو استبقاء النشادر وتحويله الى أملاحه اذا أريد استخدامه كسلفات النشادر أو غيرها .

ورغم أن طريقة تحضير الأسمدة عن طريق تكوين النشادر ثم حرقه طريقة مزدوجة كما ذكرنا وتكاليف مصنعها إكثر من تكاليف مصنع الحرق المباشر الا أن رخص انتاجها وامكان أكثاره وسرعة الانتاج كل هذا من المبررات التى جعلت كل الامم الآخذة بهذه الصناعة حديثاً تلجأ الى هذه الطريقة — أى تكوين النشادر .

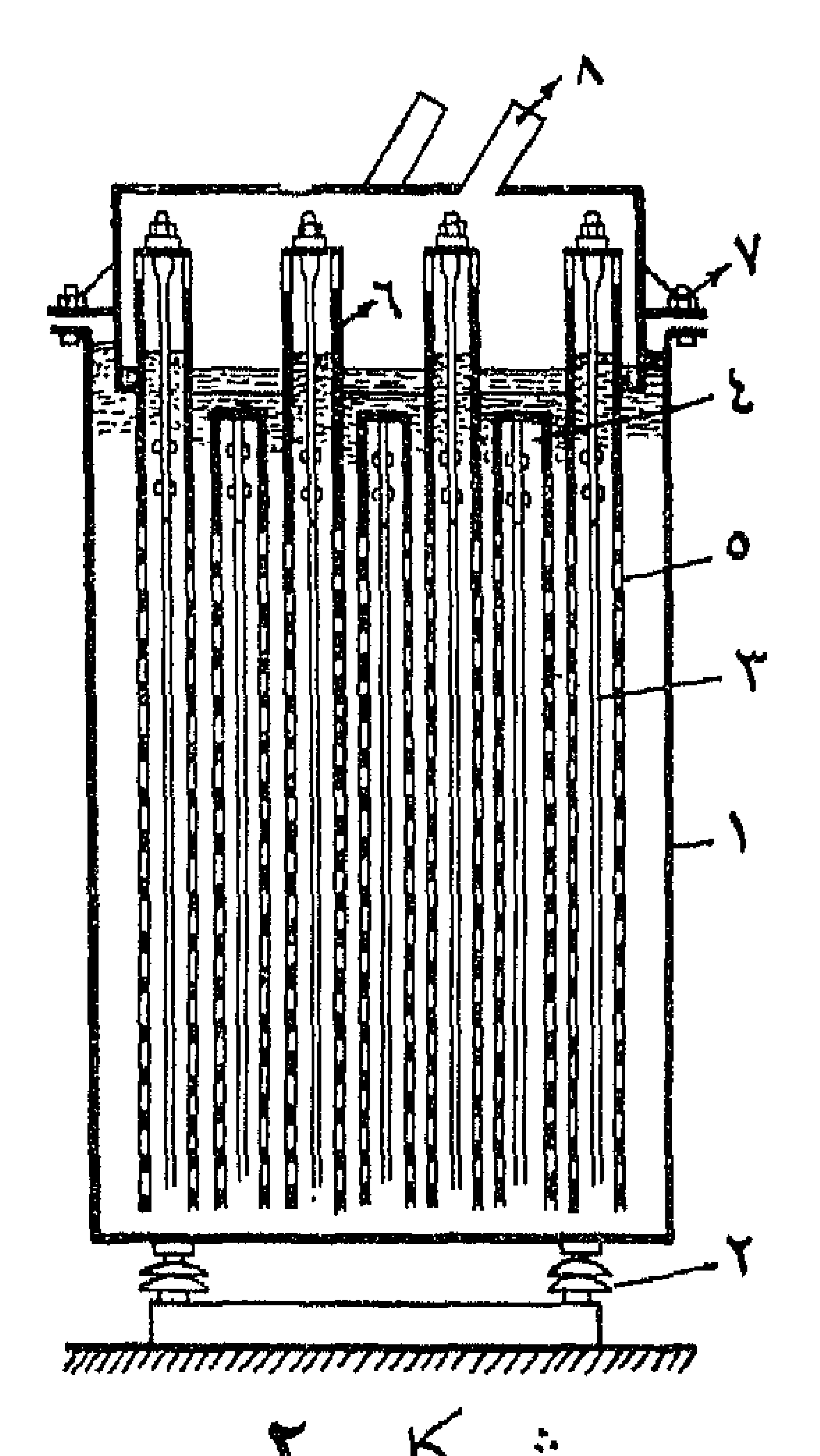
وبفرض كثرة تكاليف مصنع من هذا النوع ففى مصر يتلاشى جزء كبير منها لوجود خزان أسوان الذى انما وجد ليخدم غرضا آخر . ويكون عادة بناء خزان لحجز المياه فى أوربا الجزء الأكبر من التكاليف لمثل هذا المصنع .

وانى لشديد التفاؤل بمستقبل مثل هذا المشروع فى مصر ليس فقط لتوفير الملايين من الجنيهات سنويا وبصرفها فى داخل البلاد وهذا مما سيشجع الزراع لاستغلال تربتهم بطريقة أجود واستغلال الاراضى البور لرخص الأسمدة هذا مع احياء مديريتين أو ثلاث هى من أكثر مديريات القطر بؤسا وفاقة بتعمير أجزائها وأمكان استخدام الكهرباء المولدة فى كثير من الصناعات التى يصح أن تتركز فى هذا الجزء من القطر وبالأخص لقرب بعض مناجم المعادن وغيرها من هذه الجهة النائية فيزداد عمرانها وثروتها والسلام .



شكل ١ ـ مقطر الهواء

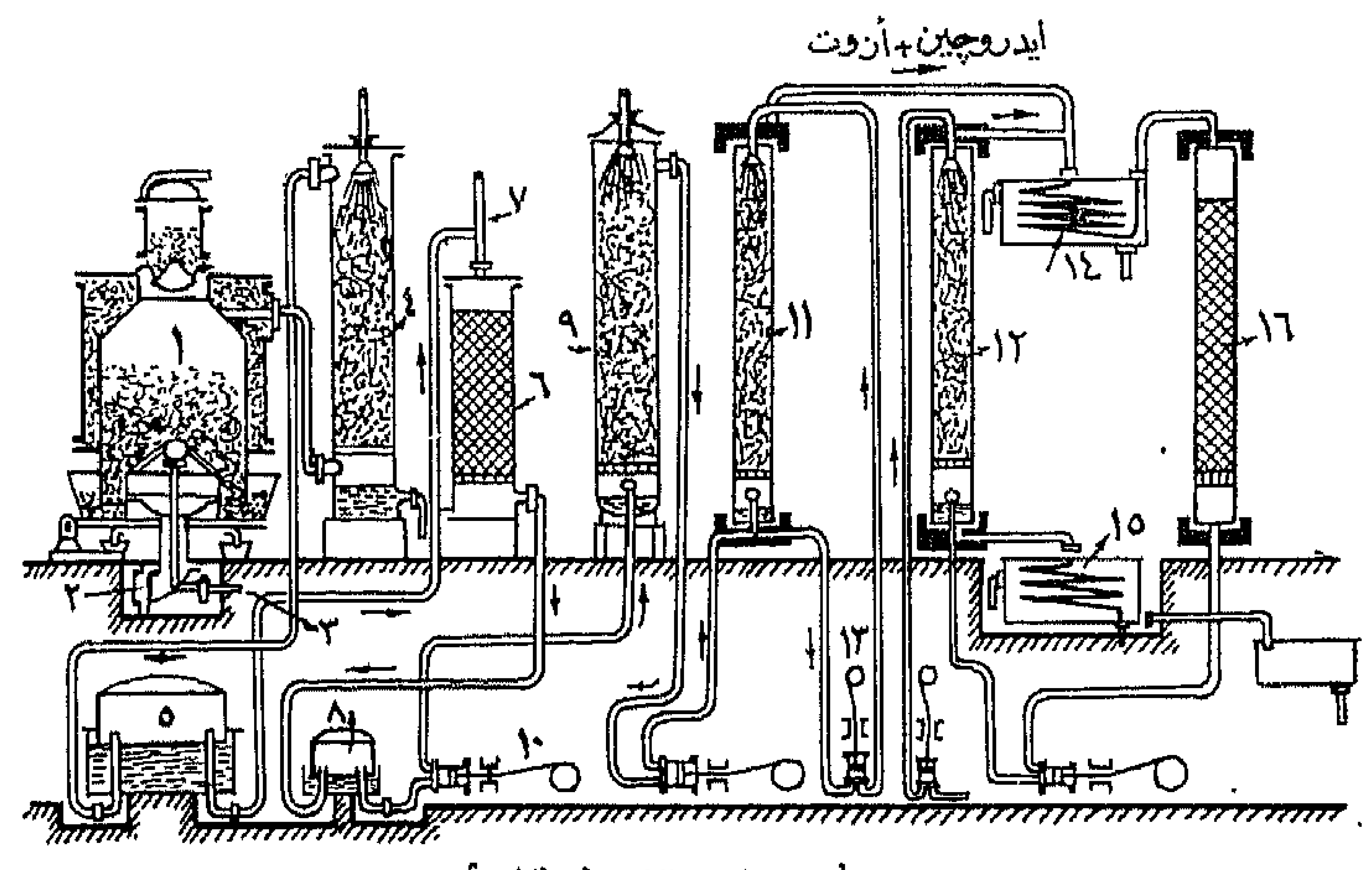
(١) المكثف الاول . (٢) مخرج الهواء السائل . ٣) المكثف الثانى
٤) مخرج الازوت السائل (٥) مخرج الازوت الغازى . (٦) مخرج الاكسجين



شكل ـ ٢

تحليل الماء الكهربائى

١ ـ الحائط الحديدى للبطارية . (٢) المعازل . (٣) القطب الحديدى
٤ ـ الحاجز بين الاقطاب . (٥) كيس الحرير الصيني . (٦) مخرج الغاز
٧ ـ مدخل التيار . (٨) أنبوبة الغازات



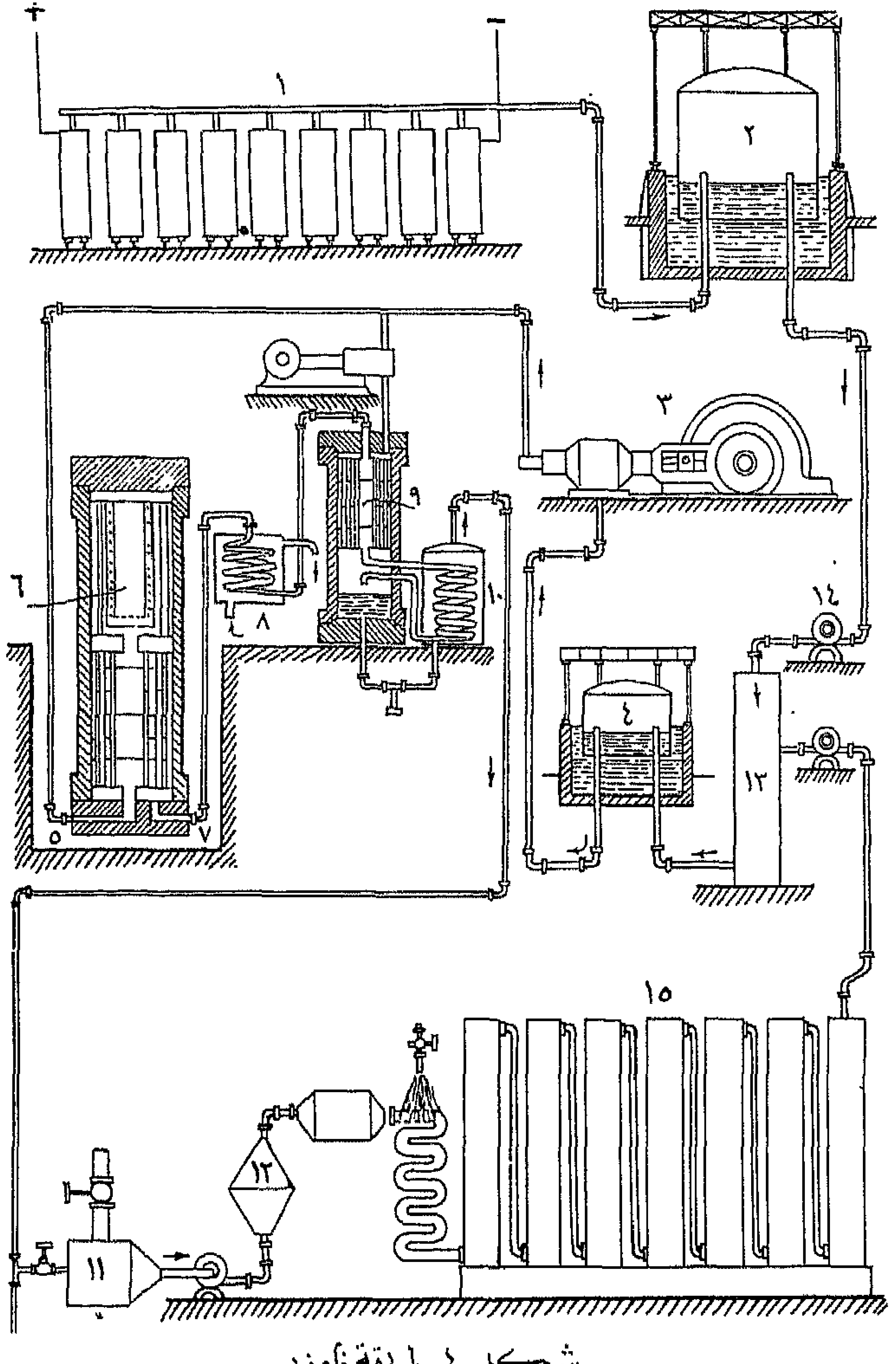
شكل ٣ـ طريقة هابر

١ـ مجهز الغاز المائي ٢ـ ٣، دخول الغازات ٤ـ منظف الغازات

٥ـ الغازومتر ٦ـ مجهز الايدروجين ٧ـ دخول بخار الماء ٨ـ غازومتر

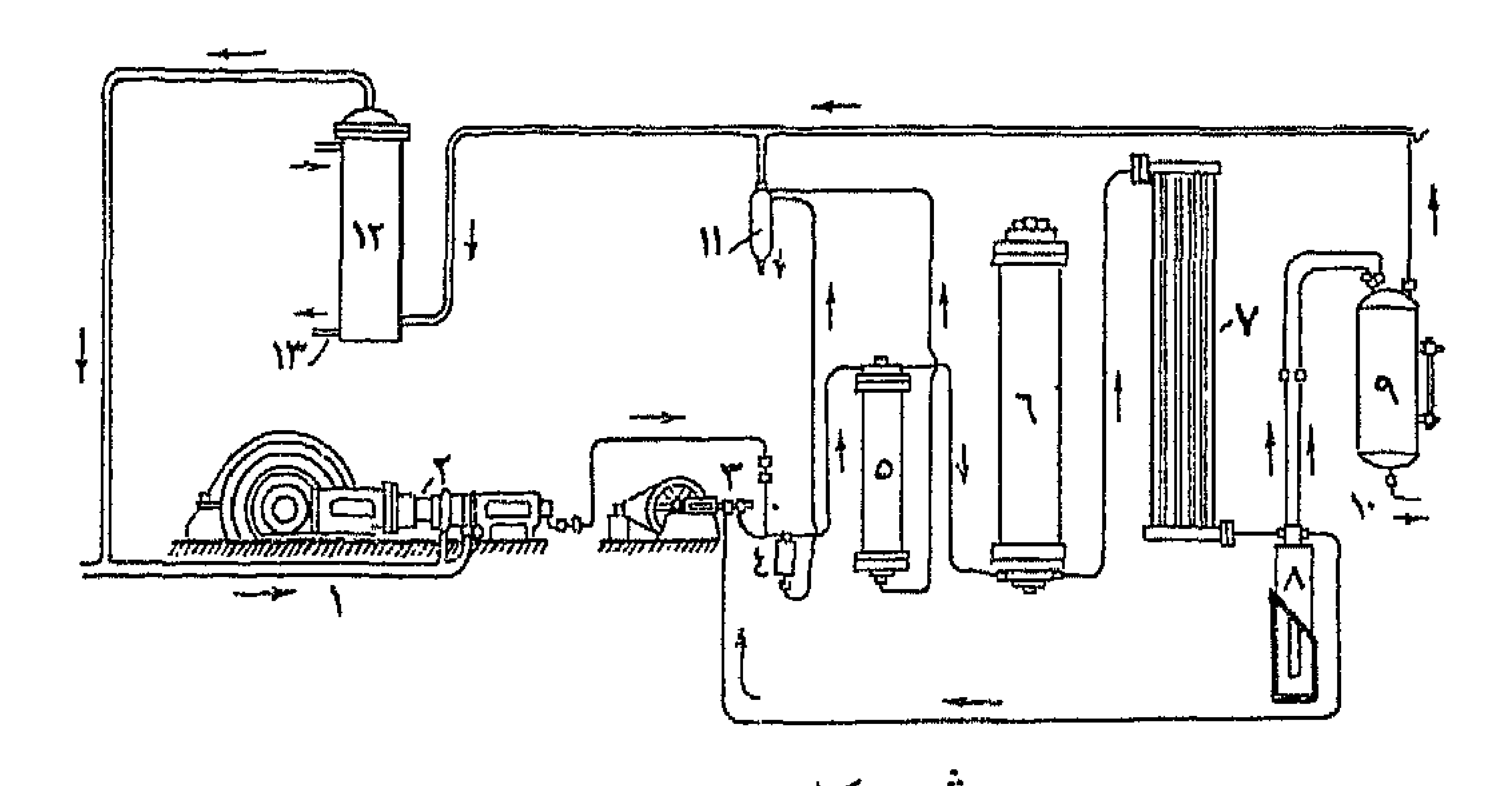
٩ـ منظف ثاني اكسيد الكربون ١٠ـ ضاغط الهواء ١١ـ منظف أول اكسيد الكربون. ١٢ـ امتصاص النشادر

١٣ـ طلمبة امتصاص ١٤ـ مُبرِّد للغازات ١٥ـ مُبرِّد للماء ١٦ـ فرن النشادر



شكل ٤ طريقة فاوزر

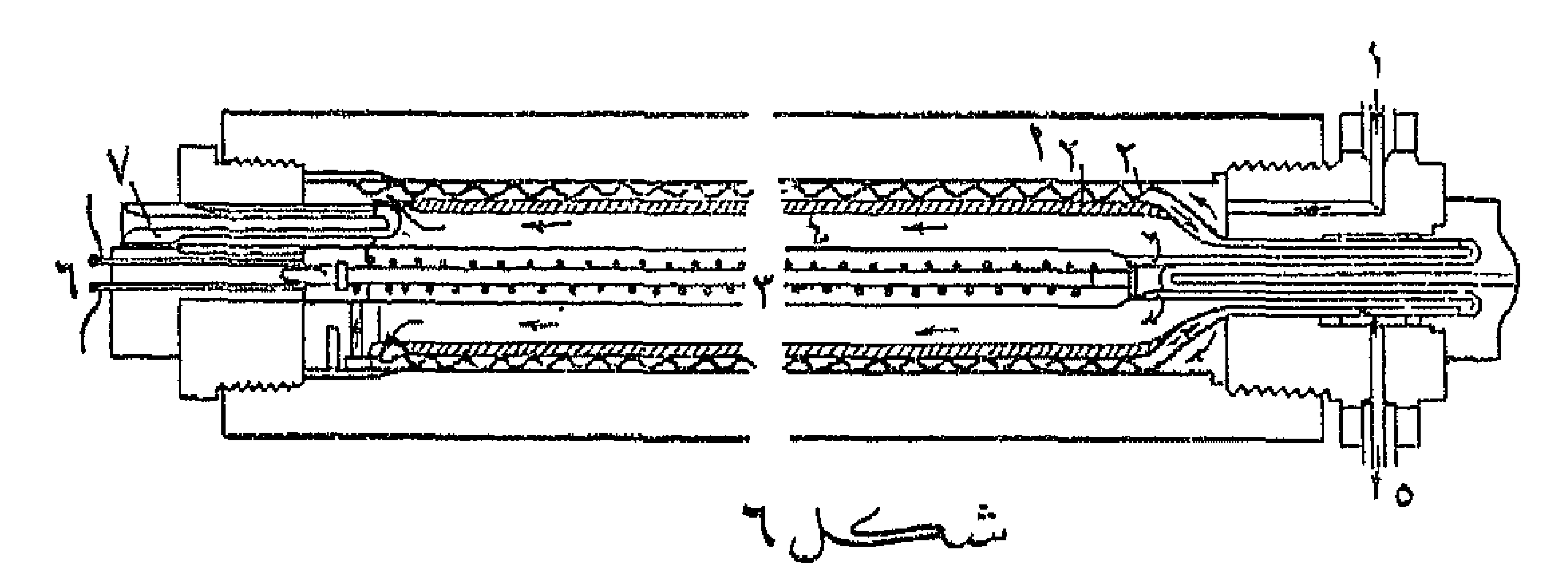
١ - بطارية لتحليل الماء ٢ - جازومتر للايدروجين ٣ - ضاغط ٤ - غازومتر لمزج الايدروجين والازوت
٥ - دخول الغازات ٦ - فرن الاتحاد ٧ - خروج الغازات ٨ - مُبرِّد للماء
٩ - ممرّ الغازات ١٠ - مُبرِّد للنشادر المتكون ١١ - مازج للنشادر والهواء ١٢ - فرن احتراق النشادر
١٣ - مازج للازوت والايدروجين ١٤ - عدّاد للغازات ١٥ - أبراج حامض الازوتيك



شكل ٥

مشروع طريقة كازال

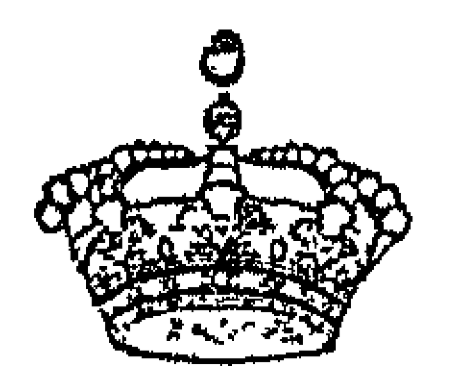
١ـ مدخل مخلوط الغازات . ٢ـ ضاغط ٣ـ طلمبه . ٤ ، ١١ ـ منقط الزيت
٥ـ منظف . ٦ـ فرن النشادر ٧ـ مُبرِّد . ٨ ، ٩ ـ مخزن الامونيا (النشادر المضغوط .
١٠ـ مخرج النشادر . ١٢ـ اناء لتجمع النشادر . ١٣ـ مخرج ماء النشادر



شكل ٦

فرن كازال

١ـ مدخل مخلوط الغازات . ٢ـ ٢ ، ٢أ مبرِّد . ٣ـ مقاوم كهربائى . ٤ـ عامل مساعد
٥ـ مخرج النشادر ٦ـ مدخل التيار لنمرة ٣ . ٧ـ مقياس الحراره



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الثالثة من السنة الخامسة عشر

١٢٥

محاضرة

عن الأبحاث المائية

لحضرة الدكتور حسن زكى
وكيل أدارة قناطر الدلتا

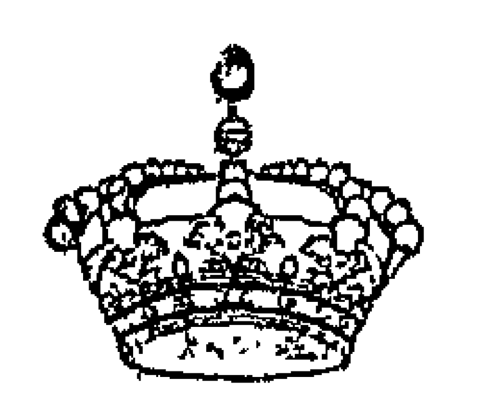
ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٩ مايو سنة ١٩٣٥

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر بمصر

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شيني) ويرسل برسمها .



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الثالثة من السنة الخامسة عشر

١٢٥

محاضرة

عن الأبحاث المائية

لحضرة الدكتور حسن زكى
وكيل أدارة قناطر الدلتا

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٩ مايو سنة ١٩٣٥

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر بمصر

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شيني) ويرسل برسمها .

المباحث المـائية

تاريخ المباحث المائية

فكرة البحث المائى هى وليدة العصور الحديثة نبتت فى القرن الثامن عشر على صورة متواضعة غير واضحة الأسس أو ظاهرة المعانى ككل الأحياء فى مبـدأ نشأتها وتكوينها وعدا الزمن وكرت السنين وتلقفتها أيدى جهابذة الفن وأساتذته وتعهدها كبار الباحثين بجهوداتهم وأبحاثهم حتى نمت وترعرعت وبدت فى الصورة الكاملة التى هى بهـا اليوم علمـاً متين الأساس كبير الأثر واضح الصلة عظيم النتاج .

وأن مصر التى كانت مهد الحضارة ومنبع الفنون فى كل فرع من الفروع كان لهـا أيضاً فخر السبق من هذه الوجهة — فأعمال الملك مينا مؤسس الأسرة الأولى على نهر النيل وتعديله لمجراه هى أول محاولة من نوعها سـجلها التاريخ . كذلك خزان بحيرة موريس الذى تم فى عهد أمنحتب الثـانى يعتبر عملا هندسياً جليلا قائما بذاته خليقاً بكل إعجاب وهو ان لم يكن نتيجة مباشرة لتجارب علمية بحتة إلا أنه من غير شك وليـد دراسة وخبرة وأثر من آثار التفنن والنبوغ يكفى فى تقديره أن نعود بعد توالى كل هذه الأحقاب الطويلة إلى الرجوع إلى ما يشبهه وأن نفكر فى القيام بتنفيذ مشروعات تماثله .

ولا حاجة بى هنا أن أذكر بتفصيل دقيق شامل تاريخ البحث المائى

أو أن آتى على خطوات الانتقال التى مر بها والأدوار التى اجتازها خطوة فخطوة وسأكتفى اليوم بالاشارة باختصار إلى هـذه العصور التى يمكن تقسيمها على الوجه الآتى :

الفترة الأولى — نشأة الأبحاث المائية ومبدأ تكوينها بمصر والصين

الفترة الثـانية — نهضة اليونان والرومان وأعمالهم الهندسية الجليلة التى تشهد بها آثارهم الحالية .

الفترة الثالثـة — عصر الفتح الاسلامى بمصر .

الفترة الرابعـة — أعمال الرى بشمال إيطاليـة للتغلب على السيول ومقاومتها وتقليل أضرارها فى عهد النهضة العلمية الأوروبية .

الفترة الخامسة — نهضة المهندسين الفرنسيين وأبحاثهم المختلفة والتى تابعهم فيهـا مهندسو ألمانيا وانجلترا فى منتصف القرن التاسع عشر .

الفترة السادسة — التطور الحديث فى الأبحاث المائيـة وإنشاء المعامل الفنية بشكلها الحالى فى أوائل القرن العشرين

ويلاحظ أن تقدم علم الأبحاث المائيـة كان متناهياً فى البطء إذ كانت تمضى بين الفترة والفـــترة زهاء الألف عام من غير أن نجد فيها ما يستحق الذكر والتسجيل .

فالى الفترة الثالثة كان أساس الأعمال المائيـــة كلها دليل على قوة بطش الفاتحين بها فالخزانات والقناطر والمجارى كانت تنشأ تحت تأثير

القوة فكانت هذه الأعمال من الضخامة بمكان عظيم حتى كان كبر حجم بعض هذه الخزانات من بواعث الضعف بدلا من أن يكون من عوامل المتانة.

فكان ثقلها أكبر مما تتحمل أساساتها ويرجع ذلك الى جهل من قاموا بتشييدها بالأصول العلمية والفنية من حيث تأثير القوى الخارجية على أجسامها وتوزيع الجهود الداخلية فيها .

فان كان القدماء قد تغلبوا على كثير من المصاعب بقوتهم إلا أن الطبيعة لا تحارب بالقوة وانما تغلب بالعلم الصحيح .

يبتدىء التقدم الحقيقى والتوجيه الصحيح الذى مهد الطريق الى الفتح العلمى الحديث من الفترة الرابعة حينما فكر فى وقاية أرض إيطاليا من سيول جبال الألب (Alps) التى كانت تجرف معها الأراضى الخصبة فاستعملت القوة فلم تجد نفعاً أمام قوة الطبيعة ولذا اجتمع أهل العلم والفن بايطاليا وفكروا فى الأمر ملياً وكان زعيم هذه النهضة المباركة (Leonardo da Vinci) صاحب الصورة الشهيرة (La Jaconde) وكان هذا الرجل العظيم مهندساً ورساماً وشاعراً وحفاراً لم ير العالم مثله فى نبوغه وتفوقه فشخص حركة المياه تشخيصاً يشهد له على فهمه لأصول العلوم المائية ثم جاء بعده (Galileo) وعمل بجد مع (Castelli) و (Toricelli) حتى وضعوا بعض المبادىء العلمية للمباحث المائية ومن عهدهم أخذت المباحث المائية صبغتها العلمية .

جاءت الفترة الخامسة حيث بدأ (Mariottoe) و (Pitot) و (Bernoulli) و (Chézy) و (Darcy) و (Bazin) من علماء فرنسا

و (Rankine) و (Froude) و (Reunold) من أســـاتذة انجلترا و (Weisback) و (Hagen) من مهنـــدسى ألمانيـا و (Francis) و (Hamilton) من رجال أميركا فبدأوا فى تحقيق النظريات بالتجارب وفحصوا المياه فحصاً دقيقاً وعكفوا على دراستها درساً عميقاً للـكشف على أسرارها ولمعرفة تـكوينها .

أظهروا خواصها الطبيعية والـكيماوية ثم بنوا قوانين ضبطها وحركتها وبذلك ظهرت علوم (Hydrodynamic) و (Hydrostatic) وعلم الا (Hydraulic).

وبفضل تحالف وتـكاتف هذه العلوم المبنية على أركان راسخة من الملاحظة والتجربة والتحقيق أدخل كثير من التحسينات فى تصميم المنشآت المائية من قناطر وخزانات وسفن وطلمبات وتربينات وبذلك أمكن تذليل القوى الطبيعيه واستخدامها فيما يعود على الناس بالخير العام .

الفترة السادسة

التطور الحديث فى الابحاث المائية

ان من ينقب فى تاريخ الايدروليكا كعلم مستقل ويتتبع تطوره وتقدمه يبدو له جلياً أن أولئك الباحثون الذين اكتفوا بمراقبة جريان الأنهار بالطبيعة ودرسوا سيرها من غير الرجوع الى التجارب الفنيـة المستقلة فشلوا فى ابحاثهم وخابت مجهوداتهم لاكتشاف القوانين التى تسيطر على سير المياه وتؤثر على ما تحمله من طمى ورواسب كذلك الذين

عمدوا إلى المياه وحاولوا دراستها كعلم رياضى بحت بدلا من علم تطبيقى وليد تجارب عملية جاءت نتائج أبحاثهم ناقصة بعيدة عن الحقيقة .

الحقيقة الثابتة أن الذين أثمرت مجهوداتهم ووفقوا فى أبحاثهم هم فقط أولئك المهندسون الذين دأبوا فى دراستهم على الجمع بين دراسة الطبيعة ثم إجراء تجارب مستقلة فى معامل خاصة .

إن دراسة الأرصاد وتجميعها وتصنيفها بالطبيعة عملية بطيئة عقيمة لا تؤدى فى الغالب إلى اكتشاف الوسائل التى يمكن بواسطتها التحكم فى الأنهار سواء بتعديلها أو بتنظيم تصرفاتها إذ أنه فضلا عما تتطلبه عملية الرصد ذاتها من وقت طويل ثمين فان حركة المياه تخضع فى الاصل لعوامل مختلفة متعارضة فتختلط الاسباب المؤدية للنحر أو الطمى أو تغيير التصرف لدرجة تحجب الاستنتاج الصحيح .

دراسة هذه العوامل المتعارضة لا تأتى إلا فى المعامل وعن طريق التجارب والبحث إذ أن كل هذه العوامل ممكن فحصها ودراستها ومعرفة تأثير كل منها خطوة فخطوة واكتشاف الاسباب الصحيحة التى تنتهى إلى هذا التأثير .

بالتجارب فقط يمكن جعل علم المياه علماً منتجاً ذا أهمية مفيدة بالحياة اليومية .

وبالطبع لن تكتمل هذه الدراسة ويتيسر إجراء هذه التجارب إلا داخل معامل مجهزة بالأدوات اللازمة للرصد وخلافه بحيث يتوفر بها

ضمان الدقة والاستنتاج الصحيح فكثير من الأهميـة يعلق على الأجهزة والمعدات والتسهيلات الموجودة فى هذه المعامل .

معمل الأبحاث المائية

فكرة المعامل فكرة قديمة ولو أن المعمل الحديث كثير الاختلاف عن سـلفه فالمعامل البسيطة التى التجأ اليها ده فنسى وجاليلو وغيرهما من أقطاب الباحثين كان أساسها خزان للمياه وفتحة وحوض لقياس التصرف

تطورت هذه المعامل بازدياد الحاجة والرغبة فى البحث وتمشت فى تقدمها جنباً إلى جنب مع الاكتشافات الحديثة الهامة والتوسع الصناعى الهائل والتقدم الاقتصادى الحديث والتطور الفنى فى مختلف الفنون وأصبح المعـمل الحديث داراً ضخمة مستقلة ومعهداً علمياً قائما بذاته يحوى بين جدرانه أجهزة متعددة كطلمبات ضخمة للتغـذية ومولدات للكهرباء وأحواض مختلفة وهدارات لقيـاس التصرف ونماذج مصغرة للقنـاطر والأعمال الصناعية المراد دراستها .

قيمة النماذج المصغرة

لا نزاع فى أن نجاح الأبحاث المائية الحديثة والنتائج البـاهرة التى وصلت اليها أخيراً يعزى فى الأصل إلى إمكان اسـتعمال النماذج المصغرة للمجارى أو الانشاءات الصناعية أو التربينات واجراء التجارب عليهـا ودراستها حسب أصول نظرية التشابه .

هذا هو الفتح الحقيقى فى البحث المائى كما أن التقدم الفنى فى الأجهزة

الحديثة مكننا من أخذ الأرصاد بدقة متناهية تؤدى فى الغالب إلى التثبت منها والتأكد من صحتها .

النموذج الصغير أقوى وأحدث سلاح لدينا بواسطته يمكن دراسة مسائل متنوعة كبيرة الأهمية عظيمة النفقات ويتوقف على علاج هذه المسائل سلامة أعمال صناعية تقدر قيمتها بملايين الجنيهات ومشروعات عظيمة لها أكبر الأثر فى صميم حياتنا اليومية والاقتصادية وعليها أرزاقنا وأرواحنا .

كل ذلك يمكن دراسته بواسطة هذه النماذج الصغيرة وبشروط مخصوصة وبنفقة معدومة لا تكاد تذكر ومن غير اجهاد أو ضياع للوقت يمكننا الوصول إلى نتائج مرضية جداً والتغلب على مصاعب عديدة تبدو فى أولها مستعصية أو مستحيلة .

الشرط الأساسى فى النماذج أن تكون متشابهة مع الأصل تشابهاً هندسياً وديناميكياً من كل الوجوه .

فلاستيفاء التشابه الهندسى يجب أن تكون أبعاد النموذج وتفاصيله صورة مصغرة طبقاً للأصل بكل معنى .

وللحصول على التشابه الديناميكى يجب أن نفى بجميع الشروط التى تجعل حركة المياه بالنموذج متشابهة لحركة المياه بالأصل وهذا لا يتأتى إلا بعد تحليل معادلات الحركة التى أوجدها العلامة (Stokes) سنة ١٨٥٠ و (Helmholtz) سنة ١٨٧٣ و (Reynolds) سنة ١٨٨٢ ، ولكن هذه

الطريقة تحتاج إلى دراية كبيرة لأصول علم الهدروديناميك والفضل يرجع إلى مجهود (Reyleigh) سنة ١٨٩٩ وسنة ١٩٠٩ فقد استنتج هذه الشروط بطريقة بسيطة بتطبيق نظرية تجانس المقاسات والمقام لا يسمح هنا بالدخول فى تفاصيل هذه النظريات .

ان التشابه الديناميكى بكل معنى الكلمة أمر من الصعب تحقيقه إذ من الواجب استعمال سائل آخر بالنموذج بدلا من الماء حتى تكون النتائج مطابقة للأصل ولكننا دائما نستعمل المياه بالنموذج والأصل إذ قد دلت التجارب على أنه طالما أن حركة المياه دوامية بالنموذج والأصل فنتائج النموذج لا تبعد كثيراً عن الواقع والطريقة الوحيدة التى يضمن بها وجود الحركة الدوامية بالنموذج هى مراعاة حسن اختيار مقاس النموذج حسب الأصول العلمية .

ومن الثابت الآن أن النماذج باستيفائها شروط معينة تعطينا نفس النتائج بغض النظر عن اختلافات المقاس فمثلا قد صار قياس التصرف باحدى الفتحات العليا بخزان أسوان بدون تكبد مصاريف تذكر بالنسبة لوجود حوض بنى فى الأصل خلف الخزان لتقويته ولقد عملت عدة نماذج لهذه الفتحة ذاتها وبمقاسات مختلفة وبمقارنة نتائجها بالنتائج المتحصل عليها من الأولى قد وجد أن جميع هذه النتائج متطابقة وذلك بالنسبة لاختيار مقاساتها حسب الأصول العلمية .

كذلك قد عملت عدة تجارب على القناطر الخيرية وخزان سنار وعلى

نماذج مصغرة لهما فكانت النتائج واحده فى جميع الحالات ومن هنا يتضح أن النماذج التى لم يراع فيها التشابه الديناميكى بكل معنى الكلمة حسب نظريات التشابه تعطى نتائج يعتمد عليها كثيرا إذا ما روعى أن تكون حركة المياه دوامية .

وان كنا نتجاوز عن التشابه الديناميكى الكامل ومع ذلك نحصل على نتائج حسنة كذلك كثيراً ما تضطرنا الحال إلى التجاوز عن التشابه الهندسى دون تأثر النتائج بذلك وهذا يحدث فى التجارب الخاصة بتعديل مجرى الأنهار وتحسين الموانى إذ من الصعب عمل نموذج يبين جميع مجرى النهر بمقاس واحد بالنسبة المساحة الكبيرة التى يشغلها مثل هذا النموذج . وفى هذه الحالة نعمد إلى اختيار مقاس العرض خلاف مقاس الطول خلاف مقاس العمق ومتى توفرت الدقة فى اختيار هذه المقاسات حسب الأصول العامية كانت النتائج التى نحصل عليها يعول عليها كثيراً وتعطينا التجارب فكرة صحيحة عما يحدث بالطبيعة بالفعل .

ولا يتسرب إلى الذهن أن الوصول إلى نتائج التجارب هى من السهولة بمكان إذ أنه لضمان الوصول إلى الصالح منها والقيم هناك شروط عدة يجب توفرها سواء فى الأشخاص المنوطة بهم هذه المهمة أو فى الأبحاث ذاتها .

فيجب أن تخضع التجارب فى الأصل إلى النظريات البحتة وأن تتمشى وتتفق مع الخبرة الطويلة المكتسبة من مباشرة وتنفيذ الجليل الهام من المشروعات العملية بالطبيعة .

فالنظريات فى وضعها الحقيقى ما هى إلا بحث كامل غير متحيز ولا يمكن لغير المتمكن من هذه النظريات البحتة الوصول إلى تجميع وتصنيف نتائج هذه التجارب واستخلاص القوانين الصحية التى تربطها ببعضها .

كذلك يجب أن يكون الباحث ملماً بجميع الظواهر والعوامل الطبيعية خبيراً بأحوال الأنهر والمجارى وبأخذ الأرصاد .

أنه من الواجب حتما التأنى فى الحكم والاستنتاج فكثيراً ما يختلط تأثير العوامل وتتشابه كما أنه من الأهمية بمكان عظيم أن نساير الطبيعة بأحدث الطرق الاقتصادية وأكملها .

ولا يمكننى أن آتى هنا بالتفصيل الشامل على مختلف الاكتشافات والتحسينات التى يدين بها العالم والعلم لهذه النماذج الصغيرة ودراستها فى المعامل ولكنى اكتفى بأن أذكر الحقيقة التالية وهى أن الوفر الناتج من دراسة مشروع من المشروعات والاقتصاد والتحسين الذى أدخل عليه نتيجة لدراسته وبحثه بالمعامل يربو فى كل مسألة من المسائل على تكاليف المعمل ذاته .

هذا التقدم الفنى الباهر بعث الباحثين فى مختلف الدول والممالك إلى الاستفادة من هذه المعامل والتسابق فى إنشائها وفقاً لحاجتهم ورغباتهم وطبقاً لما تمليه عليهم وأحوالهم الخاصة فاندفعوا إلى الاكثار منها وتجهيزها بالحديث من الأدوات وامدادها بكل ما هو جديد حتى أصبحت كاملة مستوفاة .

سأتحدث الآن عن نصيبنا المتواضع من هذه النهضة العلمية المباركة : —

المباحث المائية فى مصر

النيل هو مصدر حياة هذه البلاد ورخائه . فى مياهه ثروة ضخمة للقطر لذلك كان طبيعياً أن نوجه اهتمامنا الشديد إلى العناية بتنظيم هذه المياه ودراستها والقيام بكل ما من شأنه أن يزيد التحكم فى مياه هذا النهر العظيم والسيطرة على موارده فأنشئ الكثير من الخزانات والأعمال الصناعية وعمدنا إلى الوسائل الفنية والمشروعات الهندسية بما انتهى بنا إلى هذا البرنامج الضخم الشامل الذى يسهر على تنفيذه والعناية به رجال الرى لتحسين حالة الرى والصرف وحماية القطر من شر الغرق أو الشرق مما أنتم به على خبرة وبينة .

ان نجاح هذه الأعمال ووفاء هذه المشروعات بما وضعت من أجله يتوقف تماماً على استنادها الى أساس علمى صحيح لذلك كان لزاماً أن يكون الغرض الأساسى من المباحث المائية هو هذا النظام واستكماله وإدخال كل ما يمكن أن يساعد على زيادة الثقة فى نجاح هذه المنشآت والطمأنينة إلى سلامتها ومتانتها وتنفيذها على خير الطرق الاقتصادية والفنية .

أعمال المباحث فى مصر .

اتسع نطاق الابحاث المائية فى مصر وخطت خطوات سريعة حتى

فاقت مصر فى هذا البحث كثيراً من بلاد العالم بل قد أصبحت فى الصف الأول من الدول القائمة برقى هذا الموضوع .

على أن لأعمالنا صبغة خاصة واتجاهاً فريداً من نوعه أملته بطبيعة الحال طبيعة الأعمال الهندسية التى نقوم بها لتلائم حالة البلد خاصة وخصائص النهر الطبيعية وتقلبات مياهه لذلك جاءت أعمالنا مستقلة بعض الشىء متمشية مع ما يناسب هذا النظام ويساعد على الاستفادة منه وحسن تدبير المياه لدينا وإدخال التحسين الفنى والاقتصادى على كل العوامل التى تؤثر فى سلسلة هذه الأعمال المتصلة الحلقات المترامية الأطراف .

وسأبين الآن فيما يلى على قدر المستطاع ما أدته المباحث المائية لنظام الرى من خدمات وأى تأثير عظيم أدخل على طريقة توزيع المياه بالقطر .

(١) أعمال الرصد — إن الأساس الحقيقى الذى تبنى عليه دراسة كثير من المشروعات قبل تنفيذها والعامل الأكبر الذى نستطيع به معرفة كمية المياه التى لدينا والتى نستطيع به المقارنة التحليلية قبل توزيع المياه وتدبيرها هى رصد المناسيب وتجميعها وتصنيفها وبديهى أن قيمة هذه الارصاد تتوقف كثيراً على مبلغ الدقة الذى يراعى فى أخذها فكلما قويت الثقة فى صحة هذه المناسيب كلما صح الاعتماد عليها وأصبحت ذات فائدة حقيقية .

المقياس العادى فوق تأثره بكثير من العوامل الطبيعية كالأمواج والرياح فهو عرضة أيضاً لاخطاء موضعية لصعوبة قراءته أومراجعته للتأكد من صحته .

هذه العيوب الرئيسـية قد درست وأصبح في الامكان ملافاتها بما استنبط في قناطر الدلتا من أنواع المقاييس المختلفة التي تتناسب مع الاغراض التي وضعت من أجلها وتختلف صلاحية استعمال أى نوع منها وتفضيله على الآخر تبعاً لمنطقة المقياس ودرجة أهميته ومبلغ الدقة الذى يراد الوصول اليه ، فهناك .

١) المقياس ذى العوامة Float Gauge وهو أبسطها شكلا وأقلها نفقة وصيانة وأكثرها ذيوعاوانتشاراً لسهولة تركيبه ودقته النسبية وملاءمته لكثير من المواقع .

٢) المقياس المفرغ من الهواء Vacuum Gauge وهو أيضاً من أحسن الأنواع وأكثرها صلاحية للاستعمال وتوجد منه أنواع كثيرة .

٣) المقياس ذى التذكرة Ticket Gauge والغرض الأساسى من هذا النوع هو ملافاة الاخطاء الناتجة من قراءة الارصاد ثم التأكد من عدم التلاعب في المقاييس عند تبليغها ولسهولة مراجعتها من جهة أخرى .

٤) المقياس التليفونى Telephone Gauge وهذه تعتبر أكمل الأنواع وهى جليلة الفائدة في المناطق الهامة التي يراد الاتصال بها من وقت لآخر .

وقد استعملت هذه الأنواع كلها في مختلف القناطر وأدخل هذا التغيير تدريجياً وعلى قدر ما سمحت به الظروف وأصبح لدينا بفضل هذا التحسن سلسلة كاملة من الارصاد يمكن الاعتماد عليها اعتماداً كلياً .

(٢) التصرف — إن معرفة كمية المياه التى تنحدر فى مجرى النهر الرئيسى أو خلف أى عمل من الأعمال الصناعية العديدة الواقعة على طول النهر أو فى الترع الرئيسية أو الفرعية وسهولة تقدير هذا التصرف أمر له قيمته فى معرفة الأيراد أو التصرف وعامل من العوامل الأساسية التى لها أكبر الأثر فى دقة التوزيع وضبطه .

والفضل كل الفضل فى دقة التوزيع الحالى وعدم ضياع المياه فى الأوقات الحرجة يرجع إلى المجهود الذى بذل بواسطة ادخال المباحث المائية فى تقدير تصرف الأعمال الصناعية بطريقة عملية سهلة وفى الوقت نفسه على وجه دقيق مما كان له أحسن الأثر فى سهولة التنبؤ بحالة النهر وفى تقدير الفاقد والمكتسب بالطريق بين أسوان والقناطر الخيرية .

طرق قياس التصرف

المتبع فى ذلك طريقتان إما أن يقاس التصرف فى الطبيعة وذلك باستعمال (الكرنتيمتر) عداد السرعة أو استعمال نماذج مصغرة بأحواض التجارب .

على أنه من المستحسن جدا إذا سمحت الظروف أن يجمع بين الطريقتين حتى يفحص الموضوع من كل نواحيه وحتى تكون نتيجة التعبير دقيقة وافية بكل ما هو مطلوب .

قياس التصرف بالطبيعة

ولو أن قياس التصرف بالطبيعة عملية شاقة بطيئة إلا أنها عملية مجدية

لجمع الأرصاد فى أوقات متسلسلة والخروج من ذلك إلى وجود العلاقةالتى تربط كلا من هذه العوامل المختلفة بشكل بسيط سهل وقد يتبع فى ذلك طرق عدة إلا أن أدقها وأكثرها ملاءمة واستعمالا بالقطر المصرى هى قياس التصرف بواسطة عداد السرعة أى الكرنتيمتر .

على أنه عند استعمال هذه الطريقة يجب أن تراعى عوامل عدة مهمة لما لها من تأثير كبير على قيمة النتائج التى نحصل عليها ويمكن تلخيص هذه العوامل فيما يأتى : —

١) حسن اختيار موقع التصرف .

٢) ضرورة العناية بأخذ الأرصاد بواسطة العداد ورصدهاوتبويبها بطريقة سهلة .

٣) رصد المناسيب .

٤) طريقة الموازنات وتمرير التصرف .

٥) موضع البوابات .

٦) انسياب المياه بين الفتحات وهل هى مغمورة أو حرة أوفى فترة انتقال بين الاثنين .

وبفضل جهود مصلحة الطبيعيات وقسم المباحث المائية بما أنشأته من أحواض لاختبار جهاز التصرف بالقناطر الخيرية قد أصبحت هذه الطريقة ثابتة ودقيقة لدرجة يعتمد عليها كثيراً .

تقدير التصرف بواسطه النماذج

على أنه يمكن بواسطة استعمال نماذج مصغرة بمراعاة الشروط المخصوصة التى أتينا عليها والتى يجب توفرها فى اجراء تجارب من هذا النوع يمكن تقدير تصرفات كثير من الأعمال الصناعية على وجه دقيق و بتكاليف بسيطة ومن غير إجهاد أو ضياع للوقت قد عيرت كثير من الخزانات والقناطر الرئيسية على النيل وعلى افمام الترع الرئيسية بواسطة النماذج فى القناطر الخيرية كخزان أسوان وسنار وجبل الاولياء وقناطر نجع حمادى وقد ساعد هذا التعيير على سهولة الموازنات واجرائها بالدقة وعلى الوجه المرغوب كما ساعدت على دراسة كثير من المسائل الفرعية التى سأوضحها فيما بعد ويمكن القول بأن جميع هذه النتائج كان لها أكبر الأثر فى حسن التوزيع ودقته .

٣) تعيير القناطر — إن رصد المناسيب أو قياس التصرف كل هذه عمليات أولية الغرض منها جمع معلومات يتيسر بواسطتها دراسة المجرى و بحث كثير من المشروعات التى نقوم بها وهى فى الحقيقة تمهد لنا الطريق مبدئياً للوصول إلى تدبير المياه التى لدينا والتحكم فى اجراء التوزيع على وجه دقيق بواسطة المنشآت الصناعية التى لدينا ولن يتوفر حسن التوزيع إلا إذا عيرت جميع الأعمال الصناعية وعرفت خصائصها وتصرفاتها من غير حاجة إلى قياسها فى كل لحظة وتتوقف الطريقة التى تتبع فى التعيير على العوامل الآتية :—

١) نوع القنطرة وأهميتها .

٢) شكل وطبيعة انسياب المياه .

٣) طريقة الموازنات وتمرير التصرف .

قناطر الحجز الرئيسية

تجرى الموازنات على هذه القناطر بواسطة بوابات حديدية فاذا كانت الفتحة مغمورة أو حرة أمكن إيجاد قانون يربط التصرف بمناسيب الأمام والخلف والفتحات وإذا ما توصلنا إلى إيجاد هذا القانون سهل لدينا تمثيل هذه العلاقة بواسطة منحنيات (Abacs) مراعين فى اختيارها أنسبها للاستعمال من وجه البساطة وسهولة الحساب وخلوها من التعقيد .

فى جميع هذه الأحوال لم تعترضنا صعوبات فلن تتأثر هذه العلاقة من جهة الطمى أو النحر فى المجرى ذاته أما إذا كانت الفتحة لا هى بالمغمورة ولا الحرة وكان فرق التوازن صغيراً فلن تجدى هذه الطريقة وفى هذه الحالة يمكن تعيير القنطرة بواسطة منحنى خلفى يبين التصرف مع مناسيب المياه الخلفية والعيب الوحيد فى أمثال هذه المنحنيات هو تأثرها بالتغييرات التى تطرأ على شكل المجرى من وجهة النحر أو الطمى وتغير الانحدار لأى سبب من الأسباب ولذا فمن الواجب مراجعة هذه المنحنيات وبادخال التصليح اللازم عليها حتى تتمشى دائماً مع التغييرات التى تطرأ فى المجرى وذلك بأخذ تصرفات فى أوقات منتظمة متسلسلة لمناسيب مختلفة .

القناطر الفرعية .

أما القناطر الفرعية وهى عادة قناطر صغيرة تجرى الموازنات عليها بأخشاب من الغما فلن تجدى فى تعييرها الطرق السابقة وخصوصاً لأن المجرى الخلفى عرضة لتغيرات كبيرة بين آونة وأخرى مما يقلل كثيرا من فائدة استعمال منحنى تصرف لمناسيب الخلف وعليه أدت المباحث إلى استنباط طريقتين يتبع أيها فى التقدير : —

الأولى — بناء هدار فى الخلف إذا سمحت حالة المجرى بذلك ولم تعترضنا صعوبات من وجهة الملاحة أو المناسيب والأحسن أن يكون الهدار ذا موجة ثابتة .

ولقد عيرت هذه الهدارات بالقناطر الخيرية ودرست خصائصها ووجد تصميمها وأبعادها واستعملت فعلا فى ترع مختلفة كهدار أشمنت ومغاغه وبنى حدير .

الثانى — وهناك طريقة أخرى يمكن بواسطتها تعيير هذه القناطر وذلك باستبدال أخشاب الغما بالأبواب ذات التروس الحلزونية يركب عليها جهاز يقدر التصرف المار بها ويمكن قراءته فى أى لحظة بواسطة البحار أو الشخص المكلف باجراء الموازنات ومراقبتها وهذا الجهاز بسيط فى تركيبه سهل الاستعمال ولا يحتاج إلى تغيير أساسى بالقنطرة أو نفقات إضافية للصيانة وقد ركب ذلك على أفمام كثيرة مثل فم ترعة دروه .

كل هذه التحسينات قد توصلنا إليها بعد تجارب طويلة أجريت بأحواض التجارب بقناطر الدلتا .

أفمام ترع التوزيع الصغيرة

ولمعرفة التصرف المار بها أهمية كبرى فى التوزيع وفى تقدير المقننات المائية وخير الوسائل التى اقتنعنا بفائدتها فى تعيير أفمام هذه الترع هو بناء أعتاب متحركة ذات موجة ثابتة .

ولقد أجريت بالقناطر الخيرية سلسلة تجارب طويلة على هذه الأعتاب وبحث تصميمها من عدة نواحى مختلفة وخرجنا من كل ذلك إلى الوصول إلى تصميم يمكن تطبيقه وتعميمه على هذه الأفمام ويصلح لأجراء الموازنات عليها بكل سهولة وبودى أن أرى اليوم الذى تحوّل فيه جميع هذه القناطر إلى هدارات من هذا النوع كلما سمحت الحالة بذلك فهذا من غير شك من أكبر العوامل التى تساعدنا على السيطرة على التوزيع وحسن تدبير المياه والاقتصاد كما هو متبع الآن بمنطقة الجزيرة بالسودان .

فتحات الرى

توزع المياه على الأراضى بواسطة مواسير عادية تختلف فى نوع مادتها حسبما لظروف هذه الفتحات على بساطتها كانت ولا تزال من أكبر العيوب الحالية فى نظام التوزيع الحالى ولقد دعت هذه العيوب الظاهرة والصعوبات التى نلاقيها فى التوزيع كثير من الباحثين وكبار

رجال الرى إلى التفكير فى مآخذ أخرى أكثر صلاحية من الفتحات الحالية وفى الوقت نفسه يمكن استعمالها بالغيط ولا تستلزم صيانتها جهداً كبيراً .

والعيب الرئيسى فى الفتحات الرئيسية ينحصر فى تأثر تصرفها بمنسوب المسقة الخلفى وفى ازدياده تبعاً لازدياد الضاغط على هذه المواسير فالتصرف المقدر والمتبع فى الجداول الرسمية لا يتناسب بتاتا مع التصرف الفعلى الذى تسحبه هذه الفتحات لعدم ثباته واستقراره ولخضوعه لعوامل متغيرة عديدة كلها تؤثر فى هذا التصرف وتعمل على عدم انتظامه وبذلك يختل نظام المناوبات ويفسد التوزيع وتعم الشكوى وتزداد متاعبنا أضعافا مضاعفة .

هنـاك اقتراحات عدة لشكل هذه المآخذ رغم ما بهـا من مزايا وتحسين ظاهر إلا أنها ليس فيها القضاء التام على جميع الصعوبات التى تعترضنا فى الوقت الحالى .

ولقد أدت الأبحاث إلى اقتراحين :

١) ماسورة ذات قاع أفقى .

٢) ماسورة ذات عتب خلفى .

ولا تؤدى هذه المـآخذ إلى الحل النهائى المطلوب إلا إذا أمكن حفظ الانحدار ثابتا فى الأحباس المختلفة والمحافظة على هذه الدرجات .

والآن وقد أتيت باختصار على التحسينات التى أدخلت والتى أمكننا بواسطتها رصد المناسيب المختلفة على النهر وفروعه وتقدير التصرفات ومعرفة

كميات المياه التى لدينا وطريقة الانتفاع بها ، سأنتقل بكم إلى ناحية أخرى لا تقل أهمية عما سبق ان لم تفوقها وهى ما هدت إليه التجارب العملية والعلمية لمعرفة أنسب الطرق لاجراء الموازنات وأحسن التصميمات وأكملها وأقلها عرضة للنحر وصلاحية للملاحة .

تبنى المنشآت المائية طبقا لما يتطلبه فن إنشاء الأعمال الصناعية وما يحتمه من تناسب فى أجزائها المختلفة حتى يكون المبنى متينا قويا من حيث مقاومة ضغط المياه .

وكثيراً ما يكون التصميم موفقا من وجهته الانشائية ومطابقا لما يتطلبه علم التصميم والهيدروليكا حتى إذا ما نفذ بالفعل ظهر كثير من العوامل التى لم تكن فى الحسبان والتى أهمل شأنها عمداً لضآلة أهميتها وابتدأ هذا التأثير صغيراً فى مبدئه قويا فى مفعوله واكتسب بمرور الزمن قوة وأخذ يعمل تدريجيا حتى يهدد سلامة المبنى ذاته وأصبح خطراً حقيقياً واقعاً يحسب له ألف حساب .

ومن الوجهة التصميمية لا يمكن الاهتداء الى هذه العوامل أو معرفة تأثيرها على وجه الدقة إلّا عن طريق واحد هو طريق المباحث والتجارب وسأذكر الآن خلاصة ما هدتنا إليه تجاربنا من هذه الوجهة وما أدت إليه مباحثنا المحدودة فى إدخال التحسينات على هذه التصميمات وابعاد كل العوامل الغير مرغوب فى وجودها والتى من شأنها أن تزيد فى صعوباتنا وفى الحاق الضرر لهذه القناطر التى نحرص على سلامتها من كل الوجوه وسأبحثها على الترتيب الآتى :

المأخذ – أنسب مجرى لدليل أى قنطرة هو ما كانت تنساب به المياه بحالة منتظمة لا يتولد عنها تيارات شديدة أو دوامات قوية المفعول حتى لا يتأثر المجرى بالطمى أو النخر وبذلك نطمئن على سلامة القنطرة وسهولة الملاحة .

هذه الشروط لا يمكن استيفاؤها وبحثها نظريا أو بالطبيعة وانما يمكن درسها بواسطة القيام بتجارب على نماذج مصغرة لها بشروط مخصوصة وذلك للوصول إلى أحسن المآخذ وأسلمها وأكثرها صلاحية للملاحة .

وقد قامت القناطر الخيرية باجراء تجارب من هذا النوع على مآخذ الأعمال الآتية :

١) مدخل الفاروقية والطارف أمام قناطر نجع حمادى .
٢) مدخل فم الرياح العباسى الجديد وقنطرة عمر بك .
٣) مدخل رياح البحيرة المقترح .

ومن هذه التجارب أمكننا إدخال التعديلات والتحسينات على شكل هذه المآخذ وذلك باستبعاد كل العوامل الغير مرغوب فيها والتى من شأنها التأثير فى حالة المجرى الأصلى أو المأخذ ذاته وبذلك توصلنا إلى شكل المأخذ الذى تتوفر فيه كل الشروط المطلوبة .

الفرش :

أن أطوال الفروشات وأبعادها وأشكالها تلعب دورا هاما نحو التأثير

على النحر خلف الأعمال الصناعية ومسألة اختيار أنسب الاشكال حفظا لسلامة القناطر هى من المسائل التى تضاربت فيها الاقوال والنظريات . فكثيرا ما يحدث أن أطوال الفروشات وأبعادها ولو أنه روعى فى اختيارها الاصول الفنية الا أنها مع ذلك لا تمنع حدوث النحر الذى قد يبدو ضئيلا فى مبدئه ثم يتسع تدريجيا حتى يصبح خطرا حقيقيا يقتضى علاجا سريعا حاسما ومصاريفا إضافية باهظة كان من الممكن تجنبها . فمثل هذا الموضوع الخطير يجب أن يترك للتجارب لايجاد الحل الذى يناسب كل قنطرة بعد تصميمها إذ أن هناك عوامل كثيرة من الضرورى مراعاتها قبل اختيار أبعاد وشكل الفرش اللازم .

هذه العوامل تنحصر فيما يأتى : —

١) السرعة داخل العيون وخارجها .

٢) السرعة بالمجرى خلف القنطرة .

٣) نوع البوابات وارتفاعها .

٤) وضع البوابة السفلى بالنسبة للبوابة العليا .

٥) طريقة الموازنات لتمرير المياه من الفتحات .

٦) نوع انسياب المياه من الفتحات وهل هى مغمورة أو حرة أو فى دور الانتقال بين الحالتين .

٧) اختلاف مناسيب العيون .

الواقع أن هذه العوامل قل أن تتشابه فى قناطر متماثلة وعلى ذلك

فليس من الحكمة أن يكون شكل فرش هذه القناطر واحدا إذ أن لكل قنطرة ظروفها الهيدروليكية .

فهناك مثلا كثير من التشابه ما بين خزان أسوان وسنار مما دعى مبدئيا لاختيار فرش سنار على نمط خزان أسوان إلا أنه بعد تنفيذه بالطبيعة تبين أن هناك تفاوت كبير بين التيارات خلف كل من الخزانين هذا التفاوت الذى كان من شأنه أن هدد فعلا سلامة خزان سنار وقد تعدل تصميم الفرش بعد ذلك طبقا لسلسلة التجارب التى قامت بها قناطر الدلتا وأمكن بها ملافاة كل هذا كذلك أن أغلب القناطر الرئيسية المقامة على النيل متشابهة ولكن بينما يشتد النحر خلف قناطر أسيوط وإسنا نتيجة لمرور المياه من فوق البوابات فأن فرش القناطر الخيرية وزفتى فى أمان نتيجة لمرور المياه من بين البوابات .

ولو نظرنا الى كل من سدّى رشيد ودمياط لوجدنا أنه رغم أنهما متماثلان فى التصميم من كل الوجوه فان النحر أشد ما يكون خلف سد رشيد بينما يتراكم الطمى خلف سد دمياط وهذا بالطبع نتيجة لاختلاف سرعة المياه فى الفرعين .

ولا يفوتنى أن أذكر أنه ولو أن التشابه بين الرياح التوفيقى والمنوفى كبير إلا أن فرش التوفيقى عرضة لتآكل شديد بينما فرش الرياح المنوفى غير معرض لأى تآكل وما ذلك الا لأن ارتفاع البوابات السفلى فى التوفيقى كبير (٣٫٥٠) وهى موضوعة بالدرواند الأمامى مما يجعل الفتحة

بحالة حرة تندفع منها المياه نحوالفرش مباشرة أما فى الرياح المنوفى فارتفاع البوابة السفلى ٠٫٥٠م فقط وهى موضوعة بالدرواند الخلفى بحيث تكون الفتحة دائما مغمورة تندفع المياه منها نحو السطح فلا تؤثر كثيرا على حالة الفرش .

أما مسألة اختلاف مناسيب العيون وما يتسبب عنها فهذه أيضا لها أهميتها كما هو الحال فى عيون قناطر رشيد ونجع حمادى فانه يحدث عند ما تكون القناطر مفتوحة عن آخرها أنه لا تتوزع السرعة بانتظام نتيجة لهذا الاختلاف وتتولد عن ذلك تيارات ودوامات غير مرغوب فيها ويحسن كثيرا تجنبها .

كل هذه الأمثلة تدل دلالة واضحة على ضرورة دراسة تصميم كل عمل من الاعمال الصناعية بواسطة النماذج وهذه هى الخطة التى تسير عليها مصلحة الرى فى الوقت الحاضر فقبل البدء فى بناء خزان جبل الأولياء كان منسوب العيون ٣٦٩٫٠٠ ولما تبين من التجارب حدوث نحر فى الخلف فقد رؤى تخفيض منسوب العيون الى ٣٦٨٫٠٠ حتى تبقى الفتحة مغمورة فى كل الحالات ويقل النحر تبعا لذلك وهذا هو نفس ما اتبع فى مشروع قناطر محمد على اذ صار عمل تجارب على نماذج لهذه القناطر المفتوحة وذلك قبل البت نهائيا فى تصميمها .

لقد أصبح من المسلم به فنيا أنه اذا تساوت العوامل الهيدروليكية فالفرش الافقى هو أفضل الاشكال للقناطر كما وأن الشكل المائل هو أنسبها

للخزانات على أنه للاعتبارات المالية شأن كبير فى هذا الموضوع يجب مراعاته والتجارب هى خير كفيل للتوفيق بين ما يمليه الفن وما تتطلبه العوامل الاقتصادية ليكون المشروع مقبولا من جميع الوجوه .

البغال :

مما يستلفت النظر أن أشكال البغال فى القناطر الموجودة على النيل وفروعه تختلف اختلافا ظاهرا يبعث على التساؤل عن علة هذا الاختلاف وتجعلنا فى حيرة عند التفضيل بين هذه الاشكال المختلفة التى قد تكون مثلثة الشكل أو مربعة أو مستديرة وفى الغالب يرجع هذا الاختلاف الى ذوق المصمم الفنى لاغير .

إن السر فى ظهور التموجات السطحية العظيمة التى قد يبلغ ارتفاعها ١ر٥٠ م بقناطر فم البحيرة وقناطر رشيد ونكلا ودنشال يرجع الى شكل بغال هذه القناطر .

إن التجارب الحديثة قد أثبتت أن شكل البغال يجب أن يصمم بحيث يكون أقل ما يمكن مقاومة لسير المياه حتى لا تتولد عن ذلك الدوامات الخلفية كذلك من الواجب جعل سمك البغال واحد فى القنطرة جميعها بمعنى أن يستغنى عن البغال الكبيرة الحجم التى كانت توضع عادة بين كل عشرة فتحات .

الأجنحة :

يمكن القول إن الأنواع الرئيسية لأشكال الأجنحة للقناطر هى المربعة والمائلة والعوامل التى تجعلنا أميل لاختيار أحدهما وتفضيله على الآخر يمكن إرجاعها إلى الآتى :-

١) نسبة قطاع المجرى على عرض الفتحات .

٢) سرعة المياه واندفاعها .

٣) التيارات المائية المتسببة عن كل شكل من هذه الأشكال .

كل هذه العوامل يجب أن يحسب حسابها قبل تحديد الشكل الأنسب لهذه الأجنحة على أن العامل الأخير هو الحد الفاصل والأساس الذى يجب أن تعطى له كل الأهمية عند الاختيار ولا سبيل إلى معرفته على وجه الدقة إلا بالتجارب .

كثير ما يتسبب عن عدم الدقة فى تحديد هذه التيارات ودراستها ومعرفة تأثيرها من كل الوجوه ان تظهر صعوبات فى التنفيذ حيث تتولد تيارات عكسية ودوامات خطيرة من شأنها ألا تهدد الملاحة فقط بل أن تؤثر تأثيرا سيئا على حالة المبنى وسلامته .

ولقد دلت التجارب على أن الأجنحة المربعة يتسبب عنها تيارات عكسية تختلف شدتها تبعا لسرعة المياه وطاقتها وتغير القطاع كما هو حاصل بالرياح التوفيقى فالتآكل الشديد بتكسياته والمخاطر التى تتعرض لها

الملاحة هى نتيجة مباشرة للتيارات والدوامات التى تولدت من أجنحته المربعة .

وعلى وجه العموم يمكن القول أن الأجنحة المائلة إذا أحسن إختيارها هى أفضل هذه الأشكال وأكثرها صلاحية .

٤) البوابات — وهنا أود أن ألفت الأنظار إلى أن هذه النقطة كثيرا ما أهمل شأنها فى التصميم ولم تدرس الدراسة الكافية من كل النواحى فالمهندس عذر مقبول إذا ما فاته تحديد هذا العامل ومعرفة تأثيره لأنه يستحيل عملياً توفر هذه الدراسة من غير إجراء تجارب على نماذج مصغرة.

تأثير البوابات وما يتولد عنها من تيارات ومبلغ تأثير هذا على العيون وعلى سلامة الفرش وغير ذلك ناتج من العوامل الآتية : —

١) موضع البوابات .
٢) ارتفاع البوابات .

فالعامل الأول أى موضع البوابات له شأن كبير فى تكوين الدوامات الخلفية وبعد نقطة العادل ويجب أولا أن يراعى أن تكون البوابات عند وضعها بالدروندات قريبة من بعضها ولا يترك بينها مسافة كبيرة تؤثر على معامل التصرف كما ويحسن أن توضع البوابات السفلى فى الدوراند الخلفى إذ أنه فى هذه الحالة تمر المياه بين الفتحة متجهة نحو السطح وبذلك لا يكون فرش القنطرة عرضة لتأثير المياه .

أما ارتفاع البوابات فيجب أن يراعى فى أبعادها سهولة إجراء الموازنات وإمكان تمرير التصرف دائماً فى الدرجات المختلفة بين البوابات حتى لا يتعرض الفرش لأخطار النحر كما سيأتى الكلام عليها فيما بعد — وفى الغالب يمكن إجراء الموازنات بهذا الشكل اذا ما كان ارتفاع البوابة السفلى صغيراً بالنسبة لغيرها ويحسن ألا تزيد عن ½ سمك المياه وأن يكون الحد الأقصى حوالى ـ ر ٢ متر اذا ما كان ذلك ممكنا .

طريقة الموازنات .

يمكن تمرير المياه من البوابات بثلاثة طرق مختلفة .

أولا — تمرير المياه فوق البوابات .

ثانيا — تمرير المياه بين البوابة السفلى والفرش .

ثالثا — تمرير المياه بفتحة بين البوابة السفلى والعليا .

ولو أن اسرعة المياه الخلفية أثر واضح فى تحديد شكل التيارات وما ينتج عنها إلا أن طريقة تمرير التصرف هى أشد تأثيراً فى تكوين هذه الدوامات .

ولكل حالة من هذه الحالات خصائص مختلفة من حيث شكل الدوامة وحجمها ودرجة النحر التى تنتج عن ذلك كما سنوضحه فيما يأتى :

أولا — تمرير المياه فوق البوابات .

تتكون دوامة سطحية عكسية ويتجه التيار نحو الفرش فيجعله عرضة

للتآكل ويمكن القول أن مرور المياه بهذه الصفة غير مرغوب فيه أصلا اذ أنها بفرض تساوى السرعة والتصرف فان النحر أشد كثيراً من الحالات الأخرى .

ثانيا — تمرير المياه بين البوابة السفلى والفرش .

فى هذه الحالة تتكون دوامة سطحية عكسية وينشأ عن هذه الحالة نحر شديد يقل عن النحر فى الحالة الأولى .

ثالثا — حالة مرور المياه من بين البوابات .

ا — البوابة السفلى فى الدرواند الأمامى .

تتكون دوامة عكسية سطحية ويكون الفرش عرضة لتآكل بسيط

ب — البوابة السفلى فى الدرواند الخلفى .

تتكون دوامة عادية على الفرش ولا يحصل نحر بالقاع ويحسن جد اذا أمكننا أن نلجأ الى هذه الطريقة فى تمرير التصرف .

ويستخلص من كل هذا أن لطريقة تمرير التصرف ووضع البوابات وارتفاع البوابة السفلى . كل هذه العوامل مهمة جداً تؤثر كثيراً فى تحديد شكل الدوامات وفى النحر وفى تقليل التآكل ويجب أن يراعى فى تصميم البوابات ما يأتى :

١) أن توضع البوابة السفلى فى الدرواند الخلفى .

٢) أن يكون ارتفاع البوابة السفلى أقل نسبيا من باقى البوابات لتسهيل إجراء الموازنات .

٣) أن يمر التصرف من بين البوابات فى جميع الحالات .

الضفرة الخلفية.

مما قدمنا يتضح أن فى علاج كثير من النقط السابقة وفى العناية بأمرها وفحصها تقليل لكثير من أخطار النحر التى قد تهدد سلامة القناطر على أن هناك علاج بسيط آخر قد هدت اليه التجارب وأثبتت صلاحيته التامة فى صيانة الفرش من النحر وذلك ببناء حائط صغير فى نهاية الفرش بعرض المجرى وهذا الحائط الصغير من شأنه أن يقوم بتحويل جزء كبير من تيارات القاع الى السطح فتصطدم بها وتقلل كثيراً من طاقة المياه المارة وبذلك يقل تعرض مجرى النهر للنحر .

وقد أجريت تجارب عدة لمعرفة أحسن الأشكال لهذا الحائط الصغير وأنسب الأرتفاعات وقد أدت هذه التجارب الى النسب الآتية : —

١) ارتفاع الحائط هو حوالى ٥٠ سم ويجب أن يكون مغموراً بالمياه (١) .

٢) الحائط المصمت هو أبسط الأشكال وأقلها نفقة .

٣) الحائط المسنن هو أنسب الأشكال من حيث تقليل النحر إلا أنه أكثر كلفة .

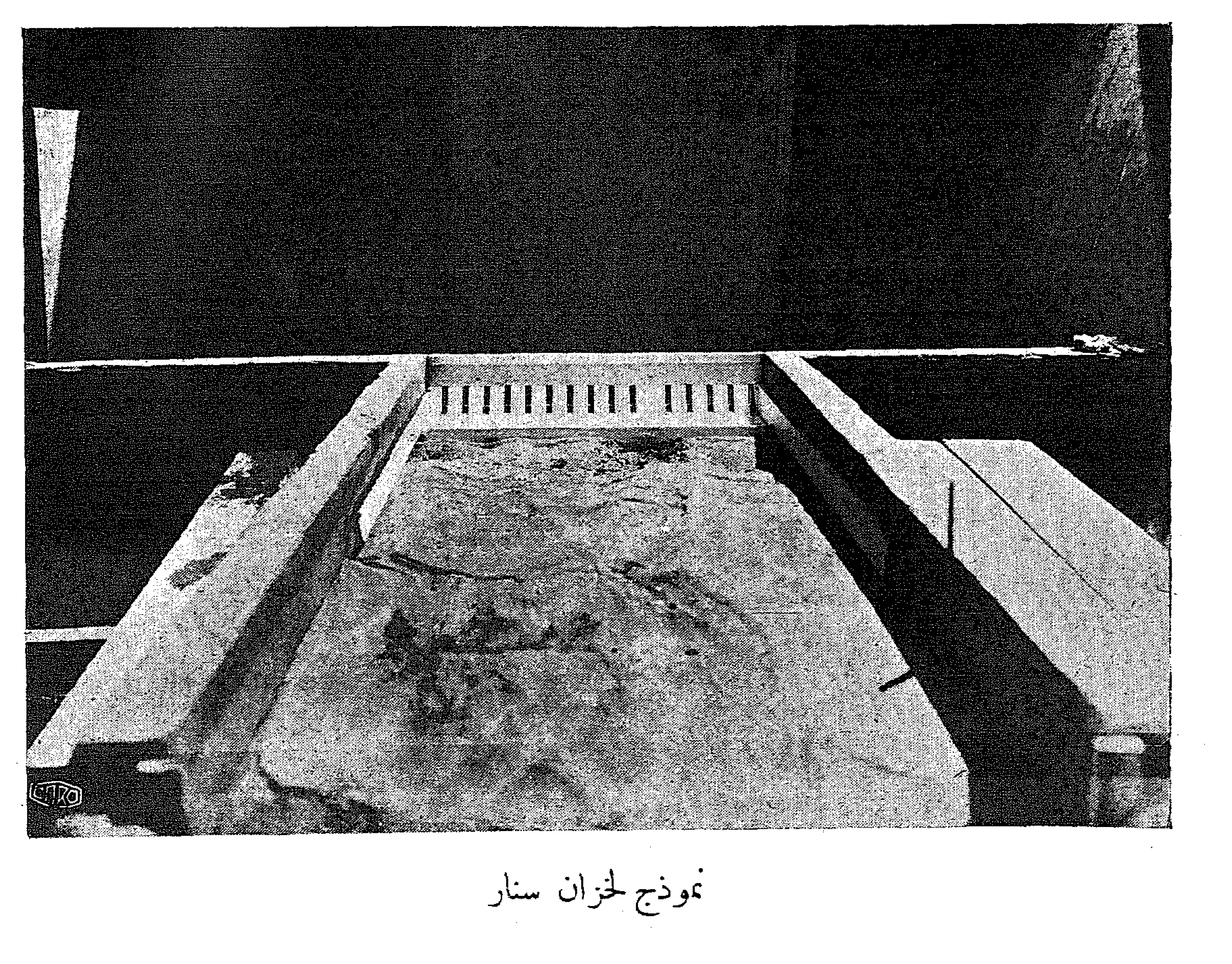
هذا خلاصة ما هدتنا اليه أبحاثنا المائية بواسطة التجارب على نماذج مصغرة والجمع بين ذلك وبين دراسة الطبيعة ومسايرتها واخالكم تتفقون

(١) وفى حالة ما اذا كان سمك المياه لا يسمح بغمر الضفرة تماما فانه لتقليل النحر توضع حائط تصادم بارتفاع نصف متر خلف البغال أو توضع أخشاب غما بارتفاع حوالى ٥٠ سم فى الدروندات الخلفية كما هو الحال الآن فى قناطر نجع حمادى .

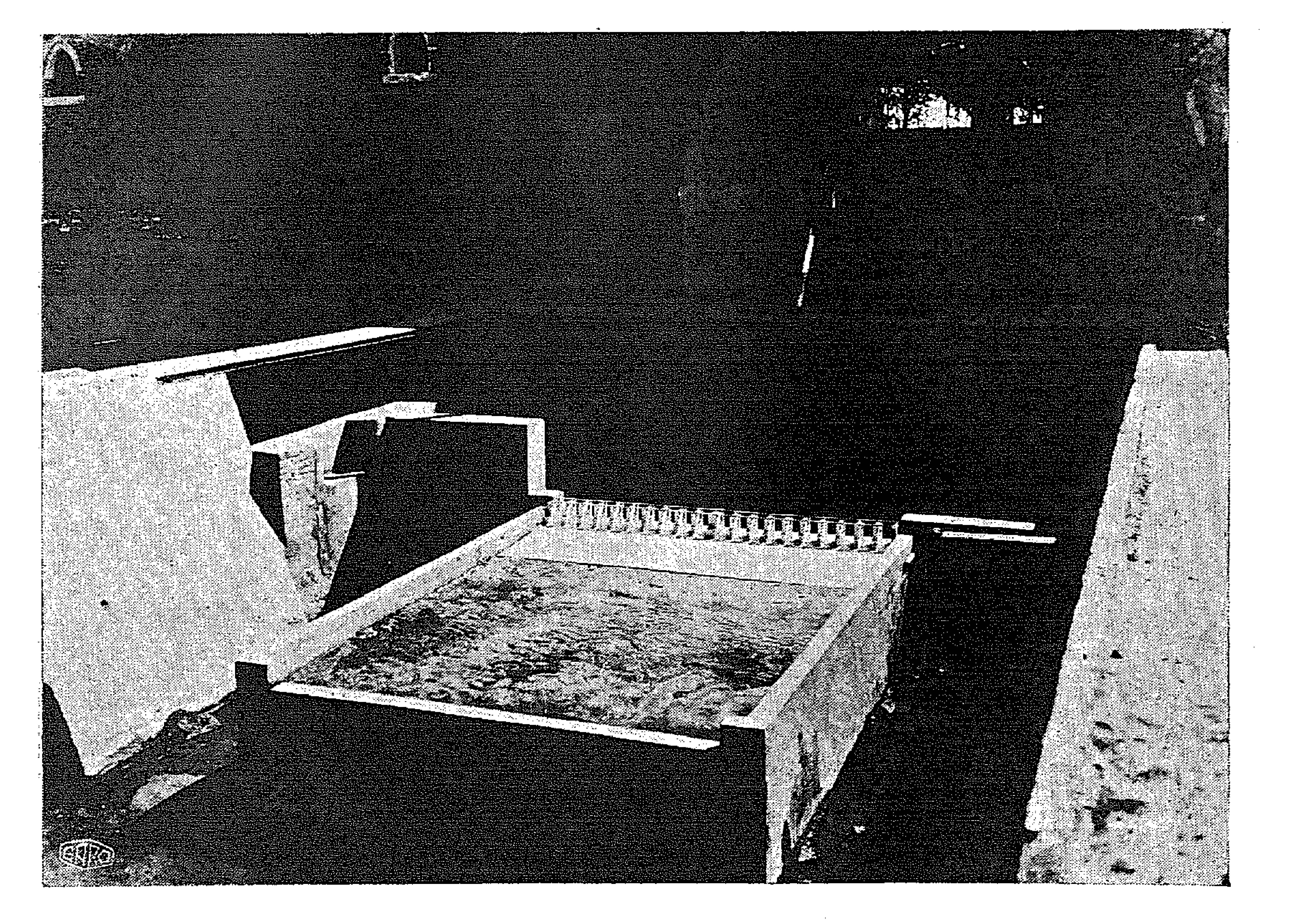
معى فى أن هذه الخطوات الواسعة التى خطوناها وجميع هذه النقط التى اشرت اليها بأجمال وكل هذه التحفظات والأحتياطات لو روعيت فى التصميم ودرست بواسطة التجارب لقللت كثيراً من متاعبنا وزادت من طمأنينتنا فى نجاح جميع الأعمال الصناعية التى نقوم بها ولأدت كثيراً إلى تخفيض مصاريف صيانتها وإصلاحها .

وعلى العموم فأن ما نطمع أن نحصل عليه فى قناطر الحجز هذه وما نحرص عليه كل الحرص من دراسة هذه التحسينات وما نرمى اليه فى كل التجارب هو أجراء الموازنات بشكل تمنع به حصول دوامات أو تيارات غير مرغوب فيها لما لها من تأثير سيىء على سلامة القنطرة وكل الوسائل التى أشرت اليها كفيلة بأن تساعد على الحصول على هذه الحالة على أكمل الطرق الفنية والاقتصادية .

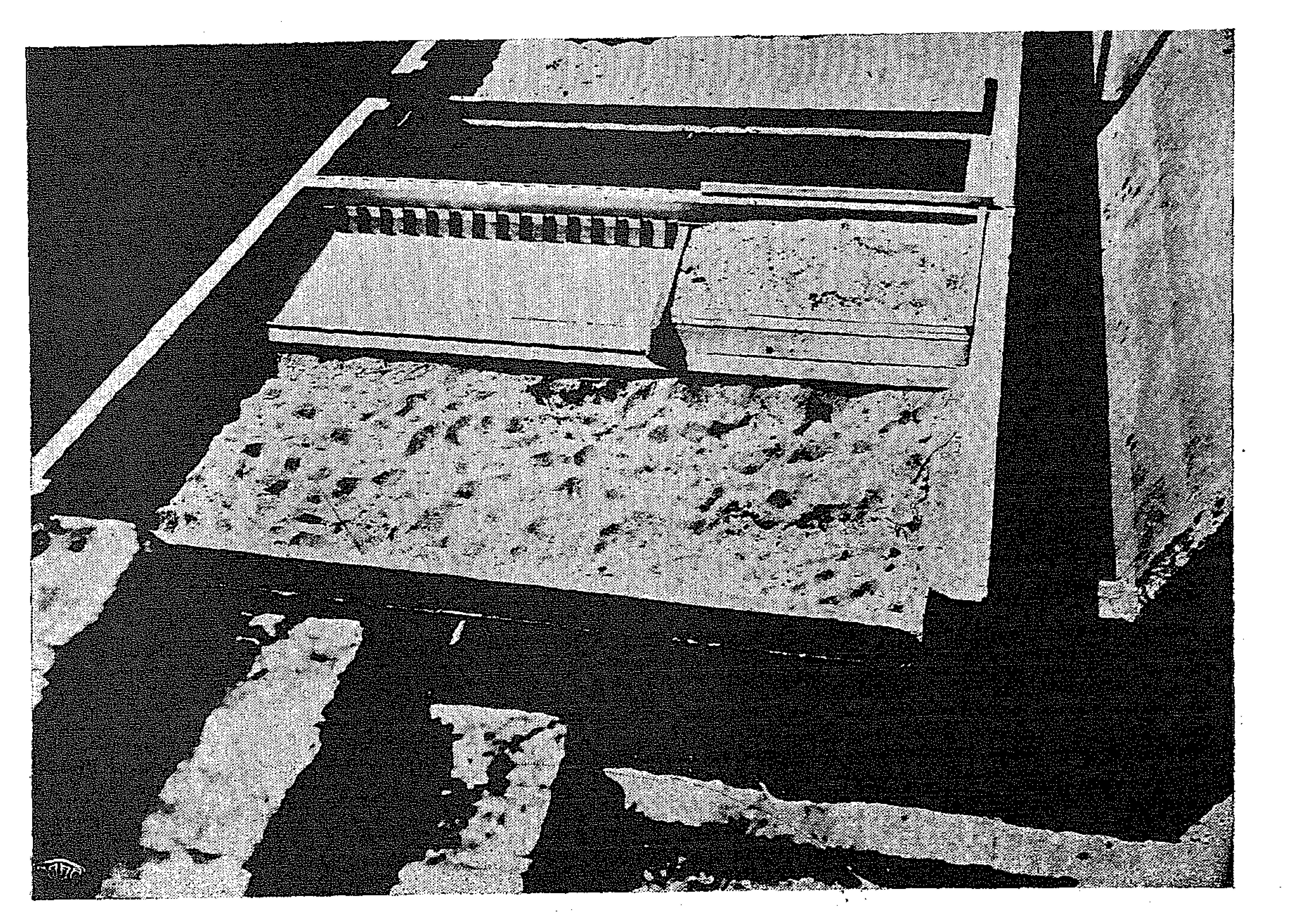
والمجال متسع دائماً لتعاوننا جميعاً فى زيادة هذا التحسين والعمل على استكمال هذا النظام فى مختلف نواحيه وهذا ما عملنا ونعمل له بكل قوتنا وفقنا الله جميعاً الى ما فيه خير هذا البلد .



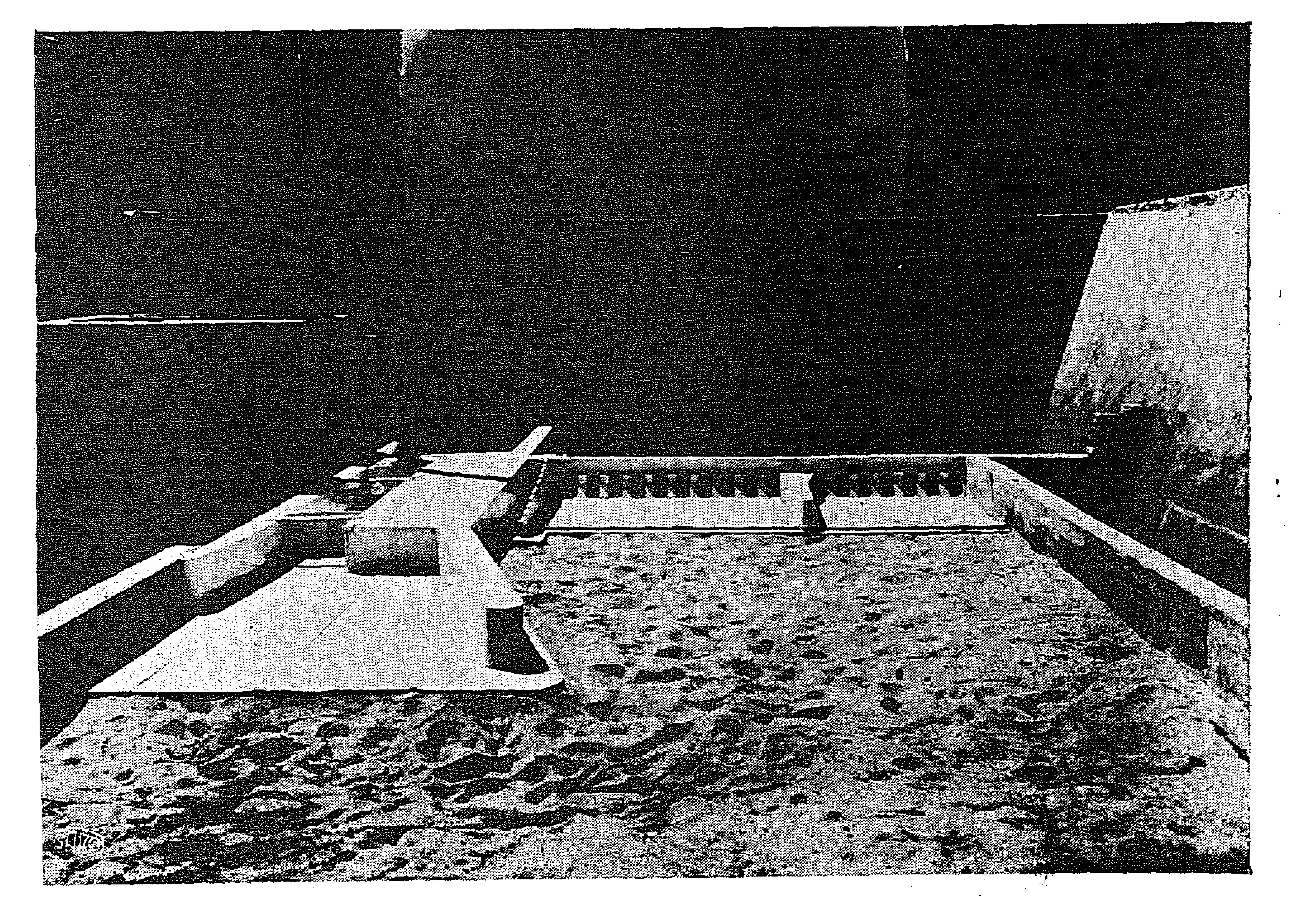
نموذج لخزان سنار



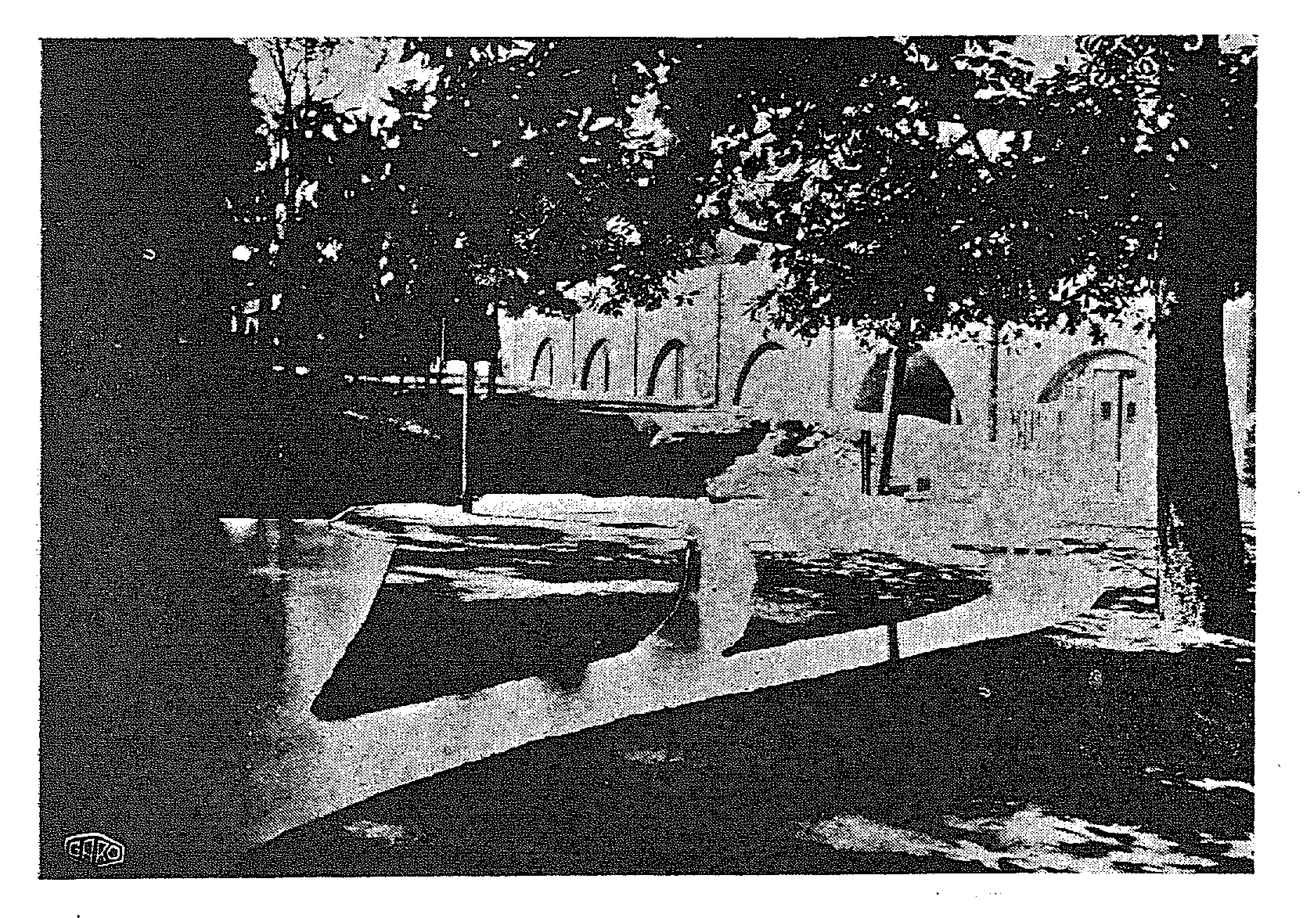
نموذج لقناطر نجع حمـــادى



نموذج لجزء من خزان جبل الأوليا مع الجزء المسمط

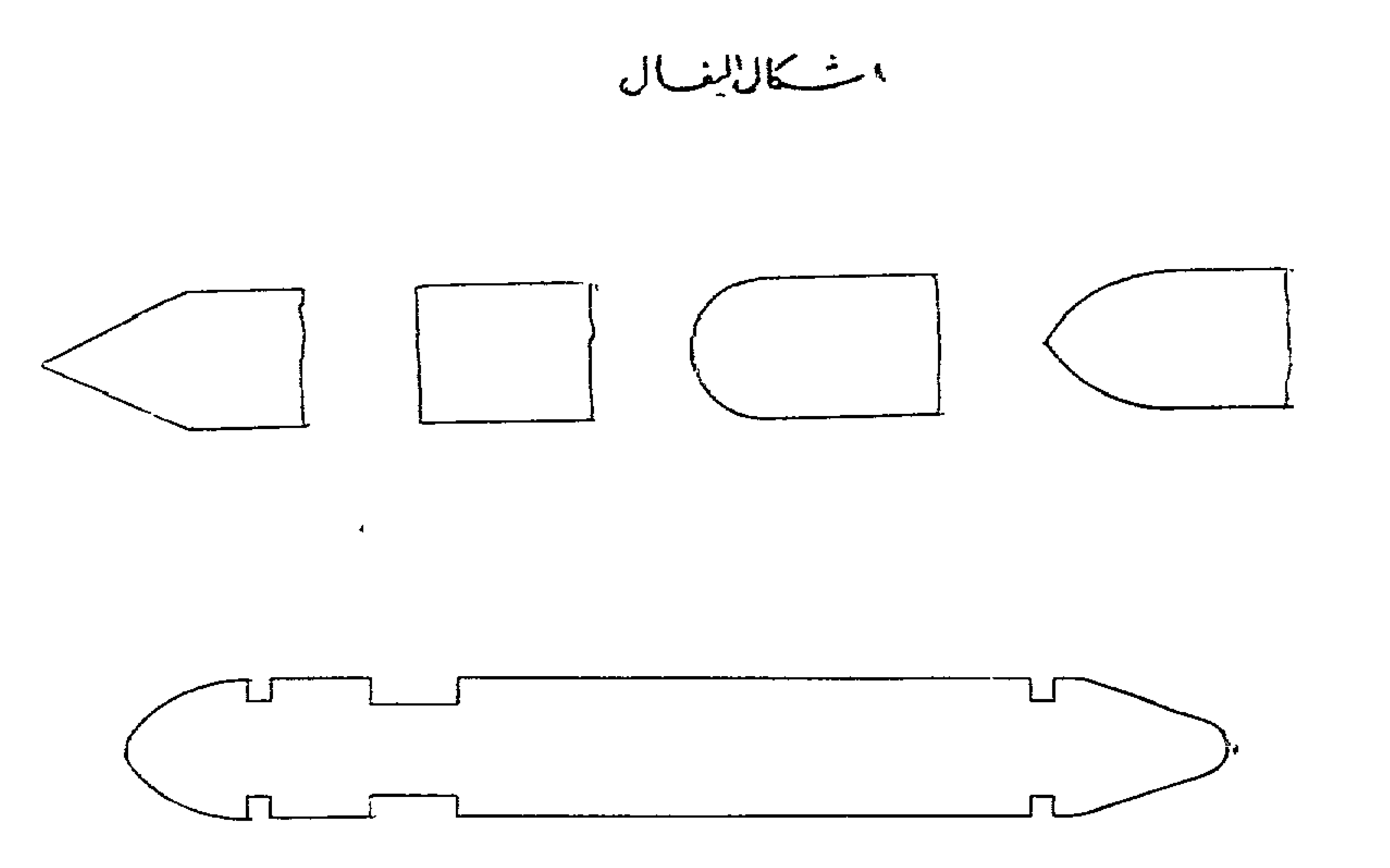


نموذج لجزء من خزان جبل الأوليا مع الهويس



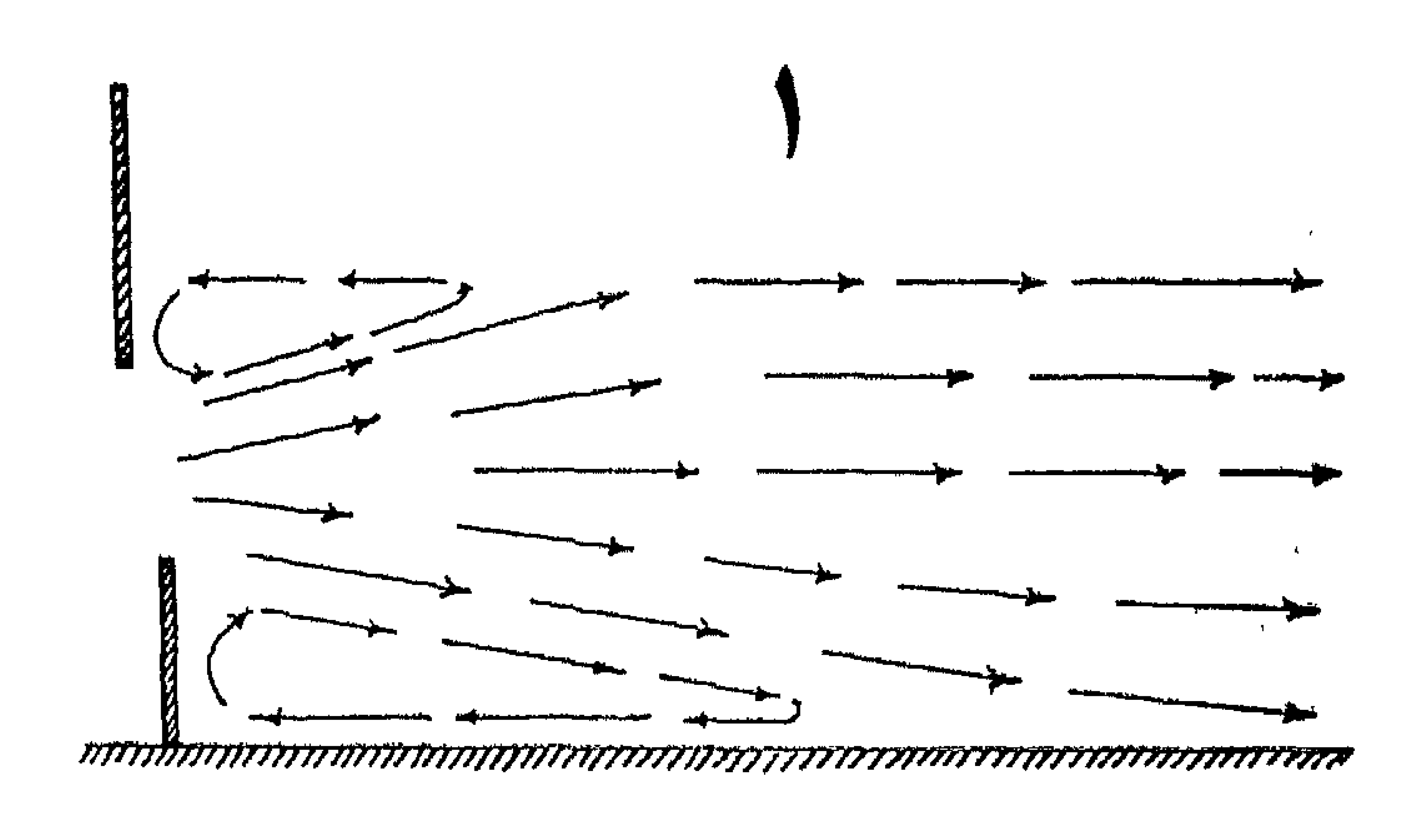
نموذج لأحسن مدخل لترعتى الطارف والفاروقية

اشكال النصال

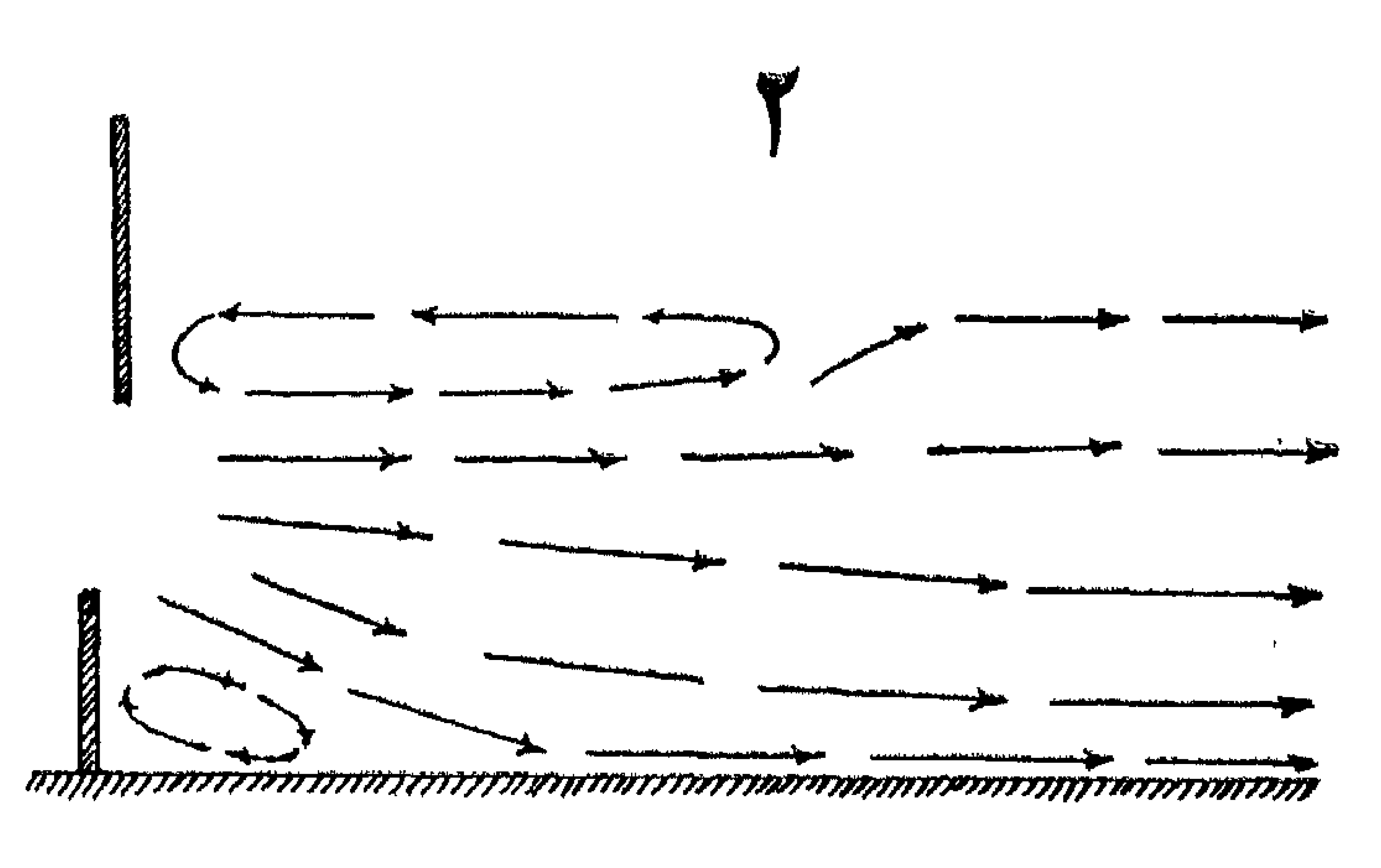


مرور المياه بين البوابات

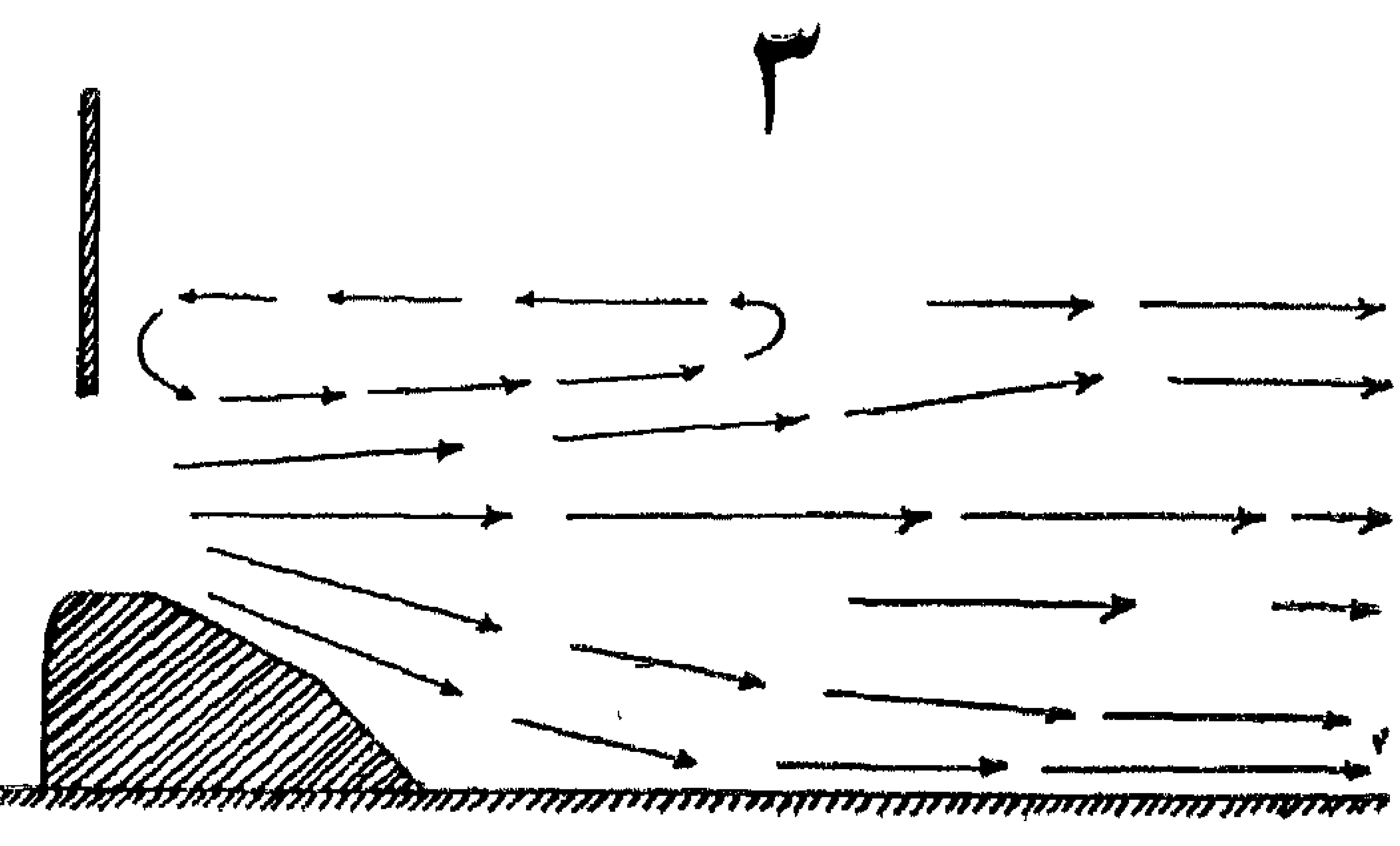
١

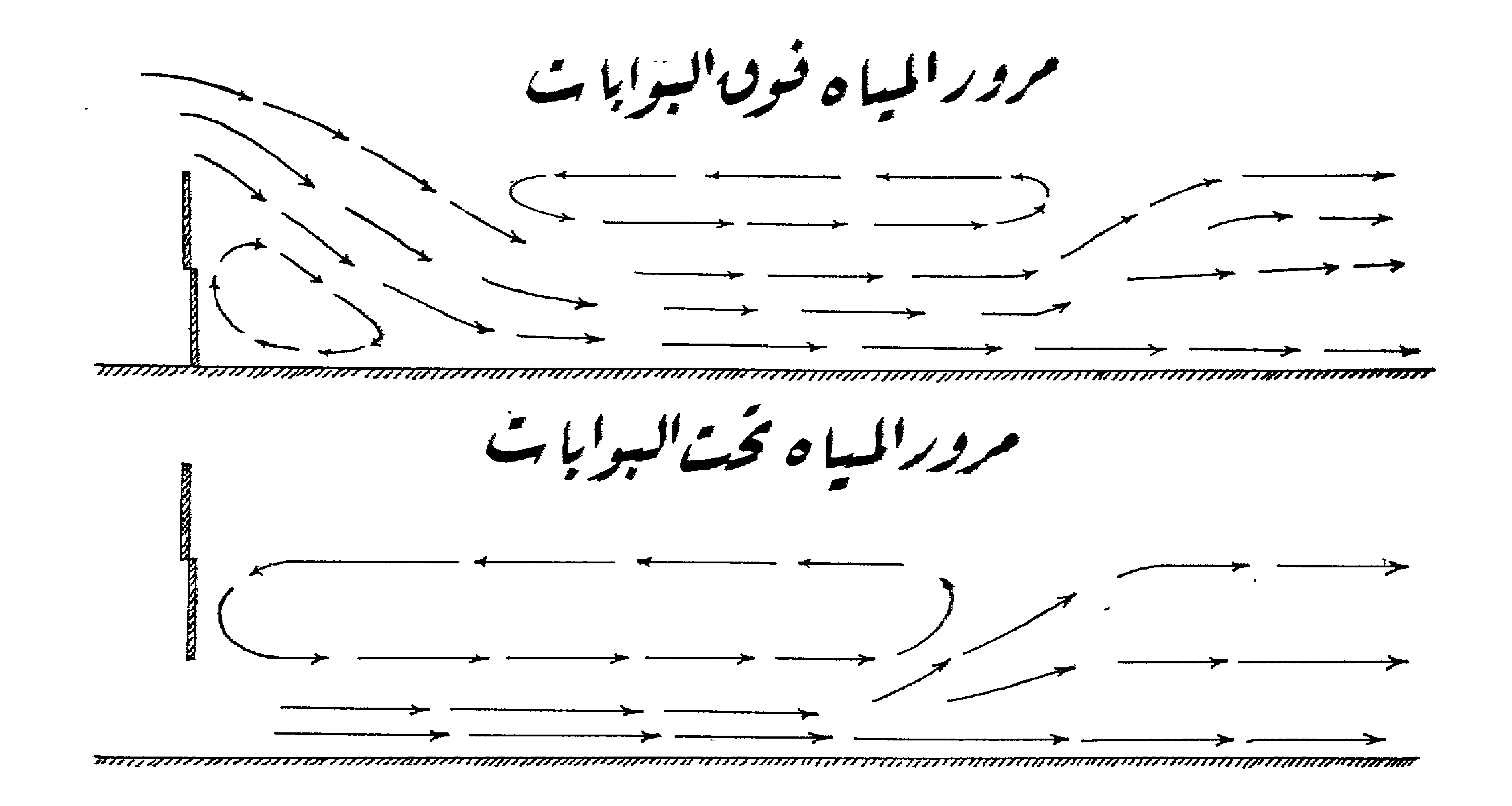


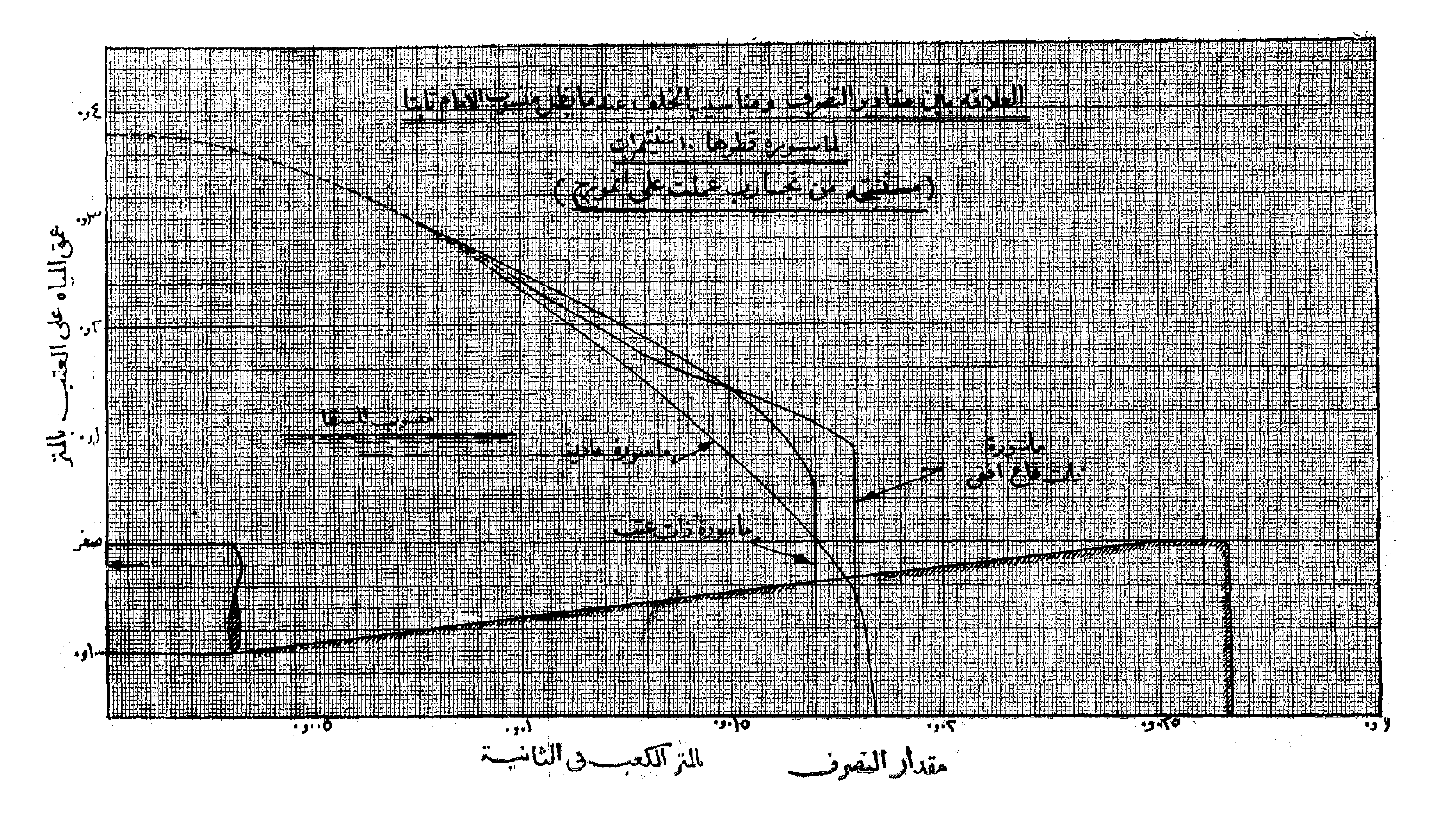
٢

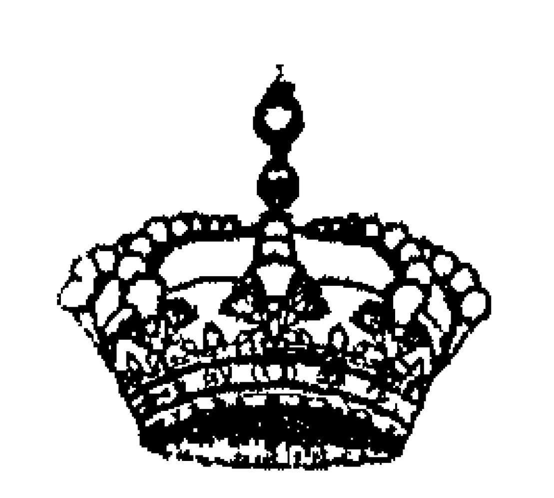


٣




مرور المياه فوق البوابات
مرور المياه تحت البوابات


العلاقة بين مقادير التصرف ومناسيب الخلف عندما يكون منسوب الأمام ثابتاً
لماسورة قطرها ١٠ سنتيمترات
(مستنتجة من تجارب عملت على نموذج)
ماسورة عادية
ماسورة ذات عتب
ماسورة
عمق المياه على العتب بالمتر
مقدار التصرف بالمتر المكعب في الثانية



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة السابعة من السنة الرابعة عشرة

١٣٠

محاضرة

عن الطرق الحديثة

لاختبار تربة الأساسات

ألقاها

الأستاذ وليم سليم حنا

دكتور فى الفلسفة — عضو بجمعية المهندسين الانشائيين

عضو منتسب بالجمعية

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٢٣ مارس سنة ١٩٣٤

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الاكبر بمصر

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شينى) ويرسل برسمها .

الطرق الحديثة

لاختبار تربة الأسات ولتقدير هبوط المنشآت

مقـــدمة

(١) ان اختبار تربة ما لمعرفة صلاحيتها للمنشآت التى تقام عليها من أهم المسائل التى تواجه المهندسين المشتغلين بالمنشآت على اختلاف أنواعها وفى محاضرة هذا المساء سوف أحاول أن أوضح الاتجاه الجديد الذى سار فيه هذا الفرع من الهندسة والذى يرمى إلى وضع بحث أساسات المنشآت على أسس علمية عملية على مثال سائر فروع الهندسة وأرى لزاماً علىّ فى مبدأ الأمر أن أؤكد أن هذا البحث ليس بواحد من تلك الأبحاث النظرية التى لا تمت للمسائل الهندسية بعلاقة ما بل هو قائم على تجارب عملية على المنشآت وقياس هبوطها الفعلى مما لا يترك مجالا للشك بأنها ترمى إلى خدمة الهندسة العملية وسترون فى ما يلى أن هذه الأبحاث قد اعترفت بأهميتها الهيئات الهندسية فى عدد كبير من البلاد .

لهذا وما لهذا الموضوع من الأهمية بمصر لطبيعة تربتها الخاصة رأت ادارة مدرسة الهندسة الملكية أن تساهم فى هذا الموضوع فأنشأت معملا خاصاً بأبحاث الخرسانة وتربة الأساسات وهناك لجنة مؤلفة من الدكتور أندريا والاستاذ محمد عرفان بك والأساتذة جيرنج وحسين حفنى

وعزيز كمال والمحاضر القائم بالعمل فيه تشرف على هذا العمل وقد انضم إلى معمل أبحاث التربة المسيو تشيبوتاريف وهو أحد الذين اشتغلوا فى هذا الموضوع فى بحث هبوط مبنى المحكمة المختلطة وأنا مدين له باعداد كثير من الرسومات التى ستعرض عليكم فى هذه المحاضرة كما أنا مدين لتقرير جمعية المهندسين الأمريكية الذى نشر سنة ١٩٣٣ من اللجنة المؤلفة لبحث موضوع الأساسات وضغط الأتربة .

وسأقسم المحاضرة كما يأتى :

(أولا) نبذة مختصرة عن تاريخ نشأة هذه الأبحاث الجديدة .

(ثانياً) الخواص الطبيعية والميكانيكية للتربة التى يعتمد عليها فى هذه الأبحاث وأهم التجارب والأجهزة

(ثالثاً) النظريات الحسابية التى يعتمد عليها لمعرفة طرق انتقال الضغط من نقطة أو سطح داخل التربة إلى أى نقطة أخرى تحت هذا هذا السطح وبالتالى حساب هبوط التربة تحت ضغط معين من منشأ مقام عليها .

(رابعاً) كيفية استخراج عينات من التربة فى حالتها الطبيعية لحساب خواصها الميكانيكية وكيفية مراقبة هبوط المنشآت .

(خامساً) تطبيق ما تقدم على بعض المنشآت الكبيرة فى أمريكا وأوروبا ومقارنة الهبوط النظرى والفعلى .

(سادساً) بيان لأخطاء طرق اختبار التربة المعروفة وأهمية هذا البحث بالنسبة لتربة القطر المصرى وضرورة تعاون المصالح الهندسية

مع هذا المعمل الجديد لالقاء ضوء جديد على المسائل المجهولة فى موضوع التربة .

النقطة الأولى — تاريخ نشأة هذا البحث

(٢) ان طرق اختبار التربة المعروفة الآن متأخرة عن سائر فروع الهندسة بما لا يقل عن ٥٠ سنة وفى ذلك يقول الأستاذ ترزاكى فى كتابه (ميكانيكة تربة الأساسات) انه بينما لا يمكن التصور أن تصمم المنشآت فى الوقت الحاضر بدون قيام علمى اختبار المواد من ناحية وحساب مقاومة المنشات من ناحية أخرى فمن المتناقضات الغريبة ألا يقوم إلى جانب علم الأساسات ما يساعد على إعطاء المهندس فكرة ثابتة عن الأساس الذى يستعمله كالفكرة فى ذهن مهندس الكبارى أو القناطر عن مقاومة الصلب والطوب من ناحية وأقصى الاجهادات على الكمرة الرئيسية أو على قطاع فى إحدى أكتاف القنطرة من الناحية الأخرى — هذا ويلاحظ أنه لا توجد أى وسيلة لمقارنة تربة بأخرى مقارنة عددية كمقارنة عينتين من الطوب أو الدبش ولا بين تربة طينية فى بلاد ما بتربة طينية فى بلاد أخرى .

ولا ريب أن لهذا النقص أسباب معقولة فان الاختلاف الكبير بين أنواع التربة واختلاف خواص التربة الواحدة وصعوبة تقدير ما يحدث فى هذه التربة تحت تأثير الضغط الواقع عليها ولأن توزيع الضغط داخل التربة يتم فى ثلاث اتجاهات متعامدة كل هذه الأسباب دعت إلى

الاكتفاء بطرق الاختبار الحالية واستعمال معاملات أمن غير منطقية تصيب أحياناً وتخطىء أخرى ويضاف إلى ذلك خوف المهندس والمقاول أن يقترن منشأ قاما بتصميمه وإقامته بكلمة « هبوط » مع أن كل منشأ لا بد أن « يريح » قليلا أو كثيراً وعلى ذلك تضيع ثمرة الخبرة الماضية بعدم رصد هبوط المنشآت الكبيرة التى كانت موفقة التصميم .

كل هذا دعا جمعية المهندسين المدنية فى أمريكا وفى السويد بدون ارتباط سابق بينهما إلى البدء بدراسة هذا الموضوع حوالى سنة ١٩١٧ ولكن نجاح هذه الدراسة وان كان محدوداً إلا أنه زاد عزيمة هذه الهيئات فى بحث الموضوع وفى حوالى هذا التاريخ قام الأستاذ ترزاكى بمفرده بأبحاث نظرية وعلمية وعملية مطولة ثم نشر مؤلفه العظيم ميكانيكة أساسات المنشآت فى سنة ١٩٢٥ وهو أعظم مؤلف نشر للآن فى هذا الموضوع ويعتبر هذا الأستاذ بحق منشىء هذا العلم الجديد وقد صادف هذا البحث معارضة شديدة فى مبدأ الأمر وانما يكفى أن أذكر أن هذه الأبحاث تقوم اليوم بأعبائها الحكومات المختلفة فى النمسا وألمانيا والسويد والجمعيات الهندسية فى سويسرة والولايات المتحدة بل ان من الشركات الخاصة بالأساسات من أقام معامل خاصة بها للانتفاع بها فى أعمالها الخاصة كما فعلت شركة روديو بميلانو .

ويمكن تلخيص هذا الاتجاه الجديد بأنه يتبع نفس الطريقة التى تتبعها العلوم الهندسية من قبل فيبدأ بتحديد خواص التربة الميكانيكية والطبيعية كما حدث من تحديد خواص المواد الهندسية كالصلب والحديد

والخرسان فى المنشآت ثم يتناول دراسة توزيع الاجهادات داخل التربة وأثر الاجهاد كما حدث من اتساع علم حساب المنشآت لكل التطور السريع فى أنواع المنشآت الخرسانية والمعدنية ثم انتهى بعمل مقارنات مطولة لايجاد معاملات عملية يمكن استعمالها مع المعادلات النظرية على مثال ما يعمل فى المنشآت من استعمال معادلات تجريبية ذات أسس نظرية تقرب وجهتى النظر العملية والنظرية .

النقطة الثانية — أهم الخواص الميكانيكية والطبيعية للتربة

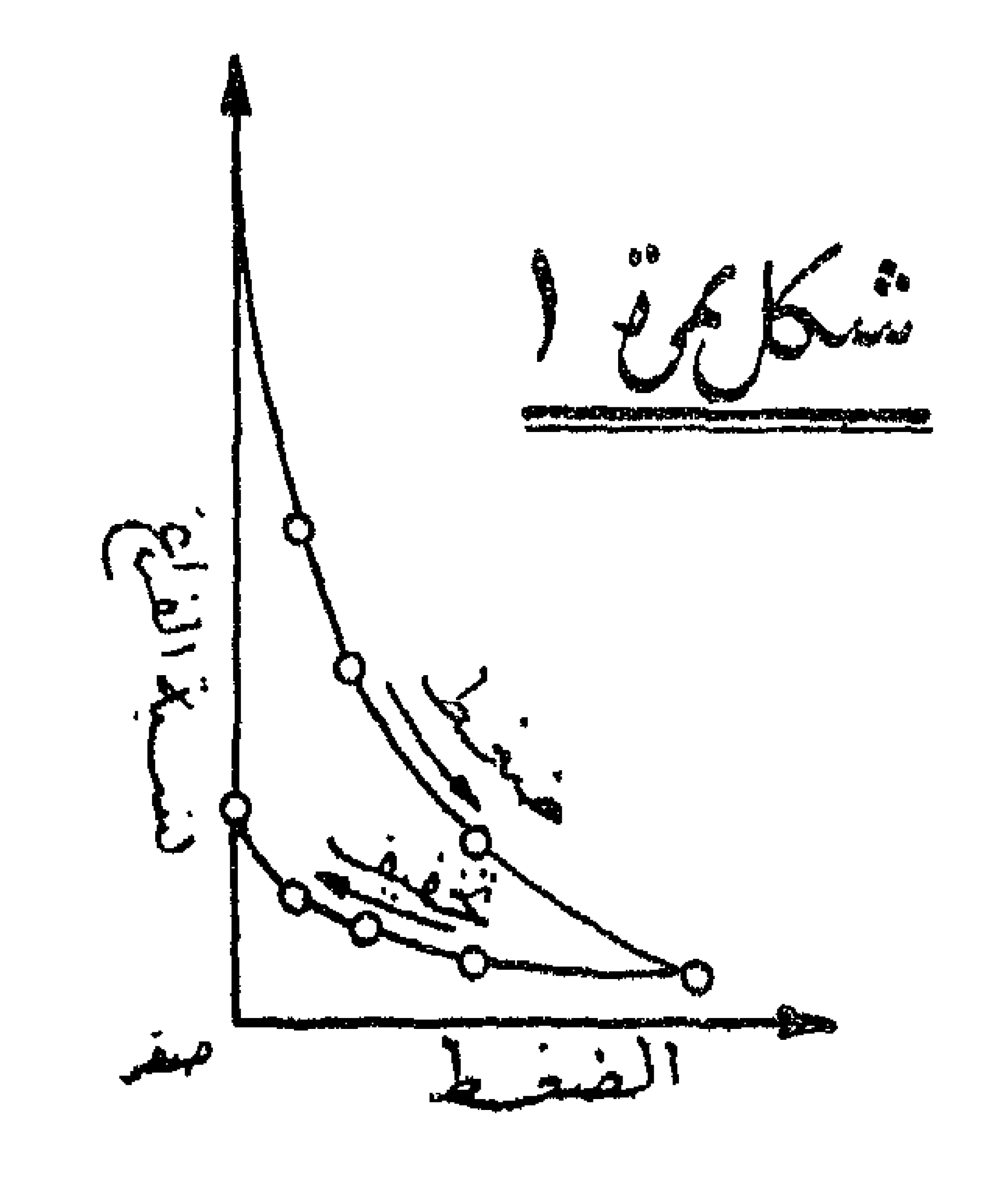
(٣) أهم خواص التربة الطبيعية التى لها علاقة بهبوط المنشآت المقامة عليها هى : —

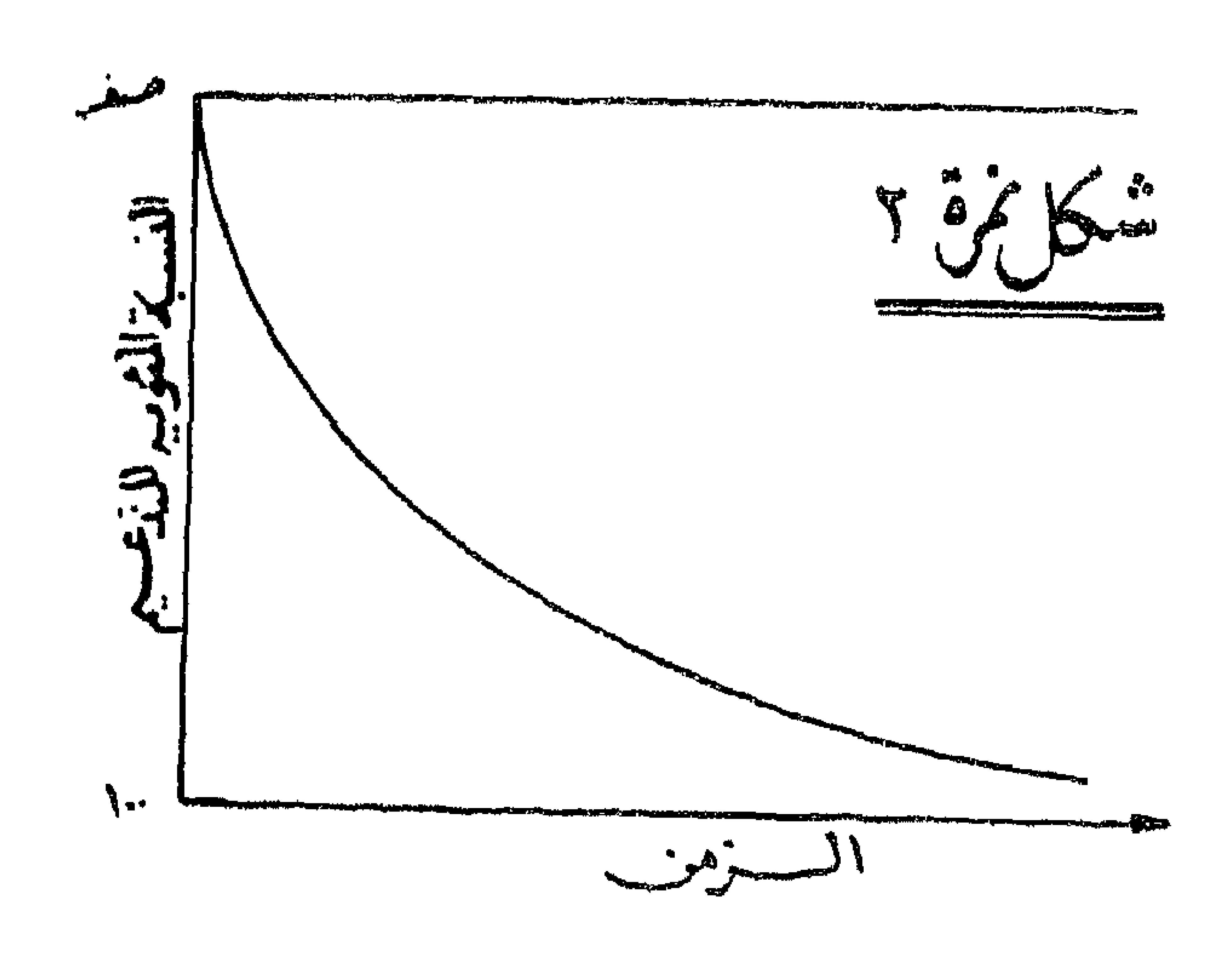
(ا) قابلية التربة للانضغاط (ب) الاحتكاك والتماسك (حـ) قابلية التربة للتشبع بالمياه وخروج المياه من مسامها (ى) حدود البلولة (هـ) حجم الحبيبات .

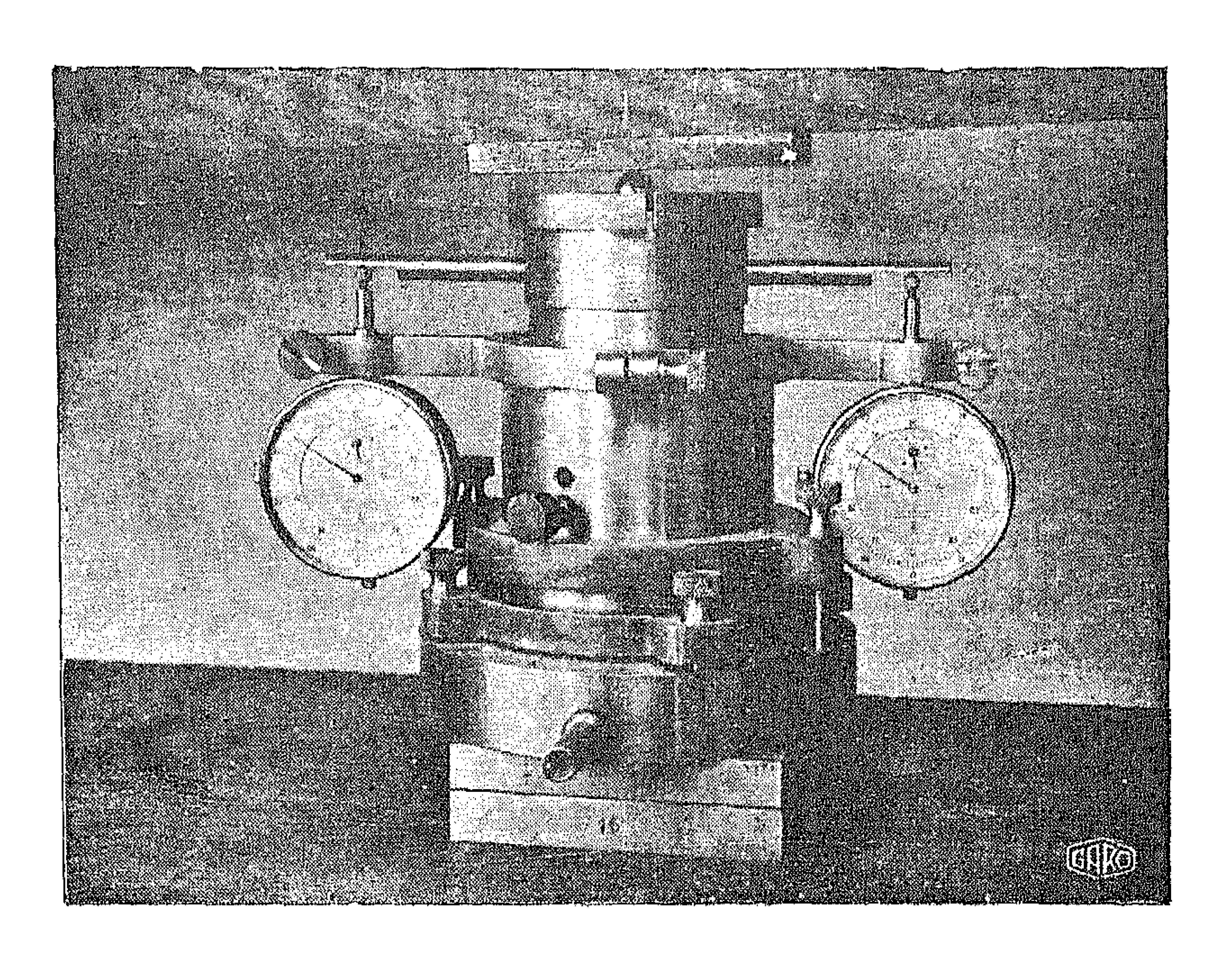
(ا) يمكن دراسة قابلية التربة للانضغاط بقياس ما يطرأ على حجم جسم معين منها من التغيير نتيجة وضع ضغط معين عليها فاذا ضغطت تربة مكونة من ذرات كبيرة منفصله كالتربة الرملية فيلاحظ أنها سواء كانت مشبعة بالمياه أو غير مشبعة فان انضغاط التربة يتم بسرعة لأن المياه أو الهواء الموجود بين الحبيبات يستطيع أن يخرج سريعاً ويتم انضغاط التربة حالا أما فى التربة الطينية فان الأمر على عكس ذلك فان ضغط التربة الطينية المشبعة بالمياه يقاوم فى مبدأ الأمر بواسطة المياه الموجودة

داخل الحبيبات الرفيعة جداً ثم تأخذ المياه فى الانضغاط والخروج تدريجياً من المسام الرفيعة وقد يقتضى انضغاط التربة تماماً عدة سنوات وتحدد العلاقة ما بين مقدار الضغط على تربة طينية ونسبة الفراغ الموجود بين الذرات بواسطة منحن يبين انضغاط التربة ومعامل الانضغاط هو العدد الذى إذا ضرب فى شدة الضغط أعطى قيمة نسبة الفراغ فاذا رمزنا له بالحرف e وكانت نسبة الفراغ المئوية المقابلة لهذه المعامل هى n فأن $e = \frac{n}{1-n}$ ويسمى انضغاط التربة المكونة من ذرات رفيعة مشبعة بالمياه بتدعيم التربة Consolidation ويمكن توضيح تدعيم تربة ما بواسطة منحن إحداثياته الرأسية نسبة الفراغ n وإحداثياته الأفقية مقدار الضغط (شكل ١) وفى نفس الوقت يمكن رسم بيانى خاص لكل ضغط على حدة يبين العلاقة ما بين الزمن ومقدار الانضغاط فاذا عرضت عينة مثلا من التربة الطينية لضغط ثلاث كيلو جرامات على السنتيمتر المربع فانضغطت أربع ملليمترات فى مدة ثلاث أيام ولم تنضغط بعد ذلك فيرسم منحنى يبين مقدار الانضغاط بعد كل زمن معين من وضع الضغط بأن تكون مثلا نصف ملليمتر بعد ساعة ثم نصف ملليمتر آخر بعد ساعة ونصف ثم نصف ملليمتر آخر بعد أربع ساعات وهكذا لما لذلك من الأهمية لمعرفة سرعة هبوط المنشأ المقام على تربة من هذا النوع (شكل ٢) ومعامل التدعيم هو المعامل الذى يحدد نسبة التدعيم تحت حمل معين لنسبة التدعيم الكلى للتربة الذى ليس بعده تدعيم آخر وسنرمز له بالحرف c .

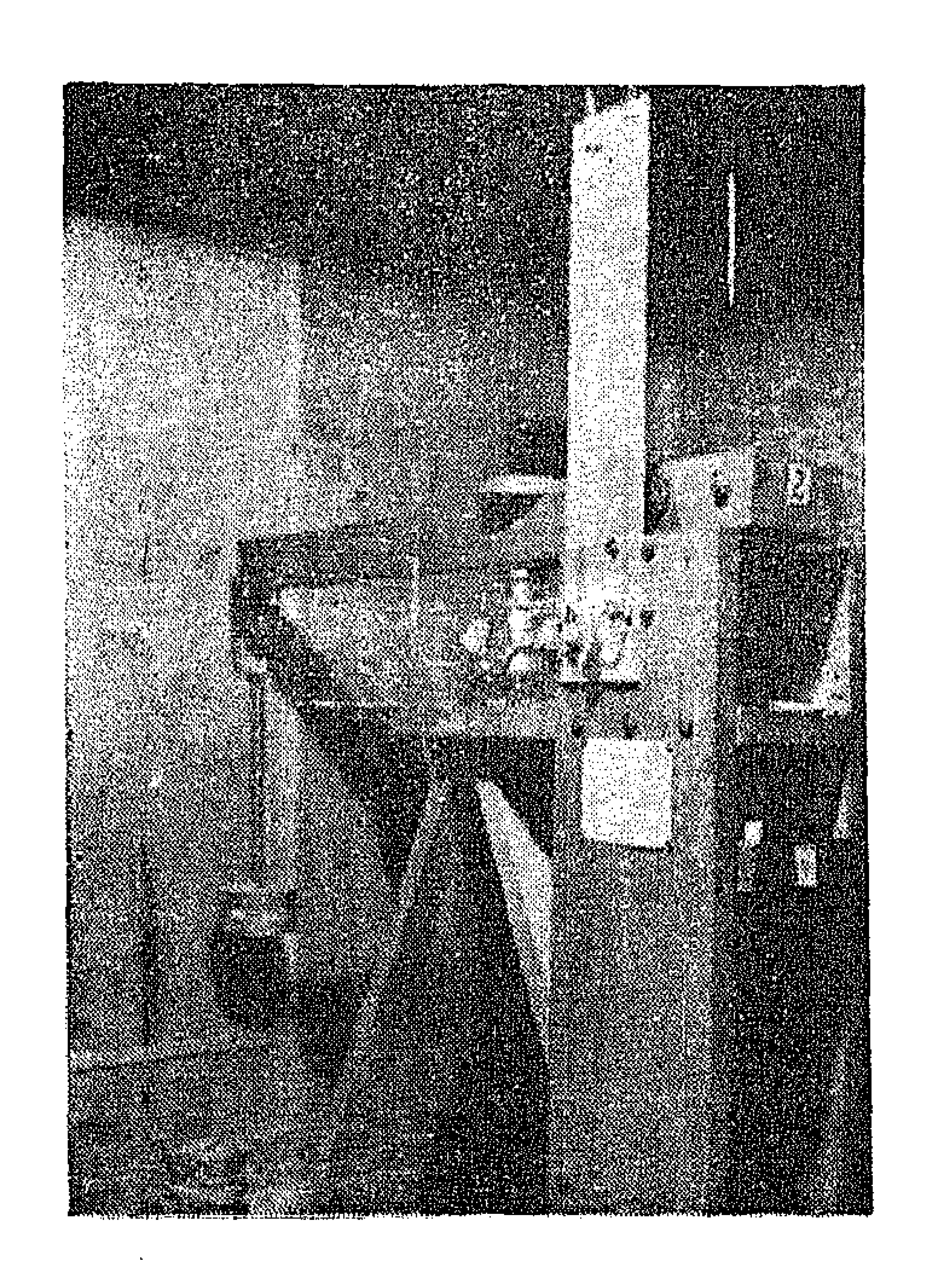
وأهم الأجهزة الجهاز الذى استنبطه ترزاكي وهو مكون من اسطوانة


شكل نمرة ١
نسبة الفراغ
ضغط
تخفيف
صفر
الضغط


شكل نمرة ٢
صفر
النسبة المئوية للتدعيم
١٠٠
الزمن



شكل ٣ ا



شكل ٣ ب

داخلها مكبس (شكل ٣ ا ، ٣ ب) وتوضع العينة بين اسطوانتين رقيقتين من حجر خاص تمر فى مسامة المياه ويقاس انضغاط التربة بواسطة مقياس زيّس يقرأ إلى ١/١٠٠ من المليمتر ولما كانت عينة التربة فى هذا الجهاز ذات قطاع بمساحة الاسطوانة فان جوانبها تساعد على تصغير قيمة انضغاط التربة عنه فى حالتها الطبيعية فهناك جهاز آخر لقياس انضغاط التربة بدون أن تلمس العينة جوانب الاسطوانة (شكل ٤)

(٤) — (ب) تتوقف مقاومة التربة للقص على أمرين أحدهما التماسك الحقيقى بين الذرات عند أسطح تقابلها كما فى الأجسام الصلبة والثانى التماسك الظاهرى أو المؤقت الناشىء من الشد السطحى الناتج من وجود مياه فى الفراغ بين حبيبات التربة مثال ذلك أنه إذا بللت كمية من الرمل استطاعت الاحتفاظ بتماسكها كجسم فاذا وضعت داخل وعاء به ماء انعدم الشد السطحى وانعدم التماسك ولاختبار التربة فى القص جهازان أحدهما استنبطه كرى وهو ألمانى والاخر كزاجراندى وهو أمريكى وفى هذا الجهاز يمكن فصل مقاومة التربة للقص الناتجة من احتكاك الذرات عن المقاومة المسببة من التماسك وفى هذا الجهاز توضع ست عينات من التربة بطريقة خاص فى ست جهازات وتعرض لاجهادات قص مباشرة بحيث متى قرىء أثر الاجهاد على مقاييس خاصة أمكن معرفة مقاومة التماسك ومقاومة احتكاك الذرات (أنظر شكل ٥) .

(ح) قابلية التربة لمرور المياه أمر مشاهد فى الطبيعة كما أن هناك تربة لا تستطيع أن تمر المياه بين ذراتها فاذا وضعت عينة من التربة فى

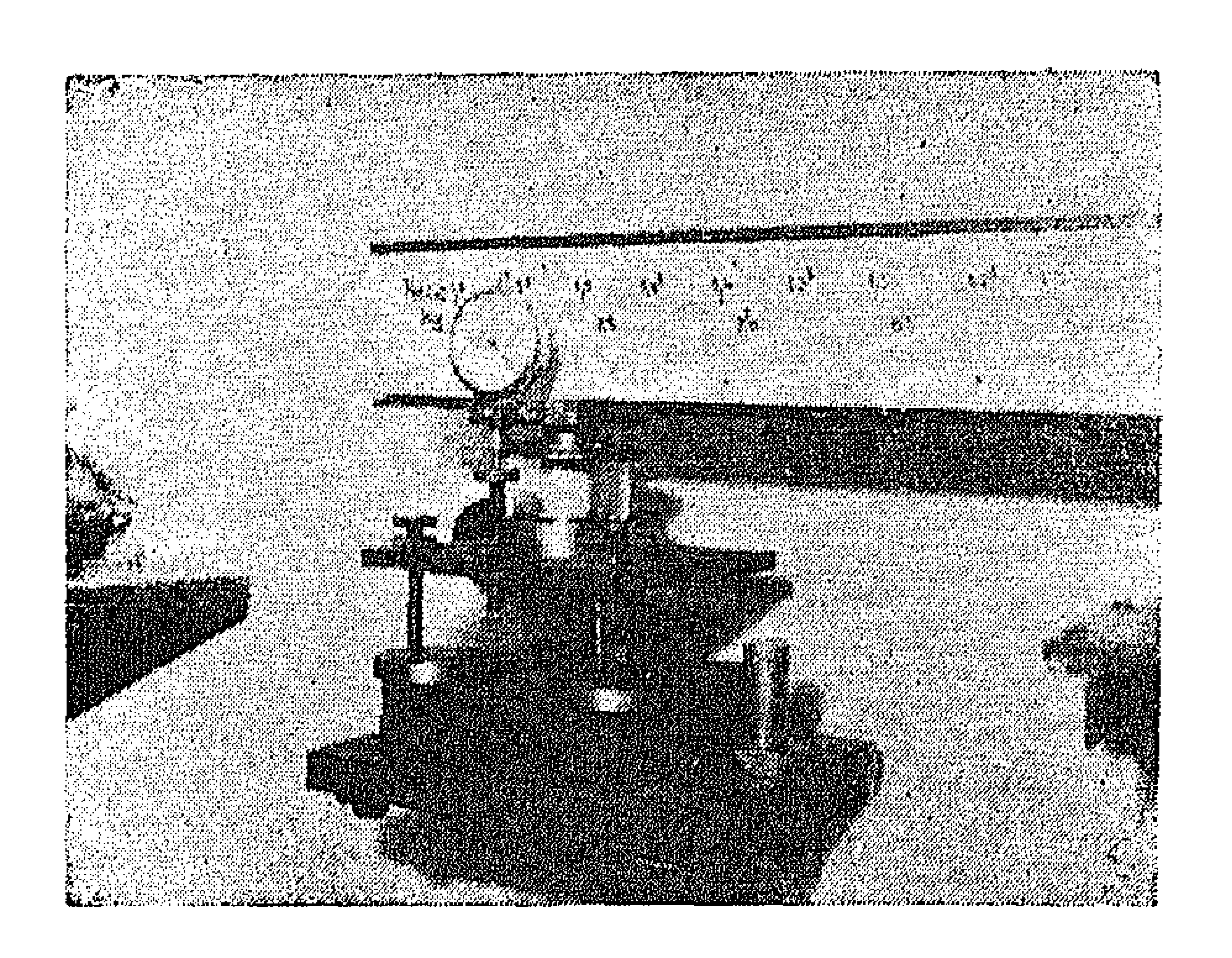
اسطوانة خاصة وعرضت لضغط مائى معين لمدة من الزمن وكان التصرف معلوماً فان معامل التصرف «K» يمكن استنتاجه مباشرة من المعادلة المعروفة .

$$Q = k\ i\ A\ t$$

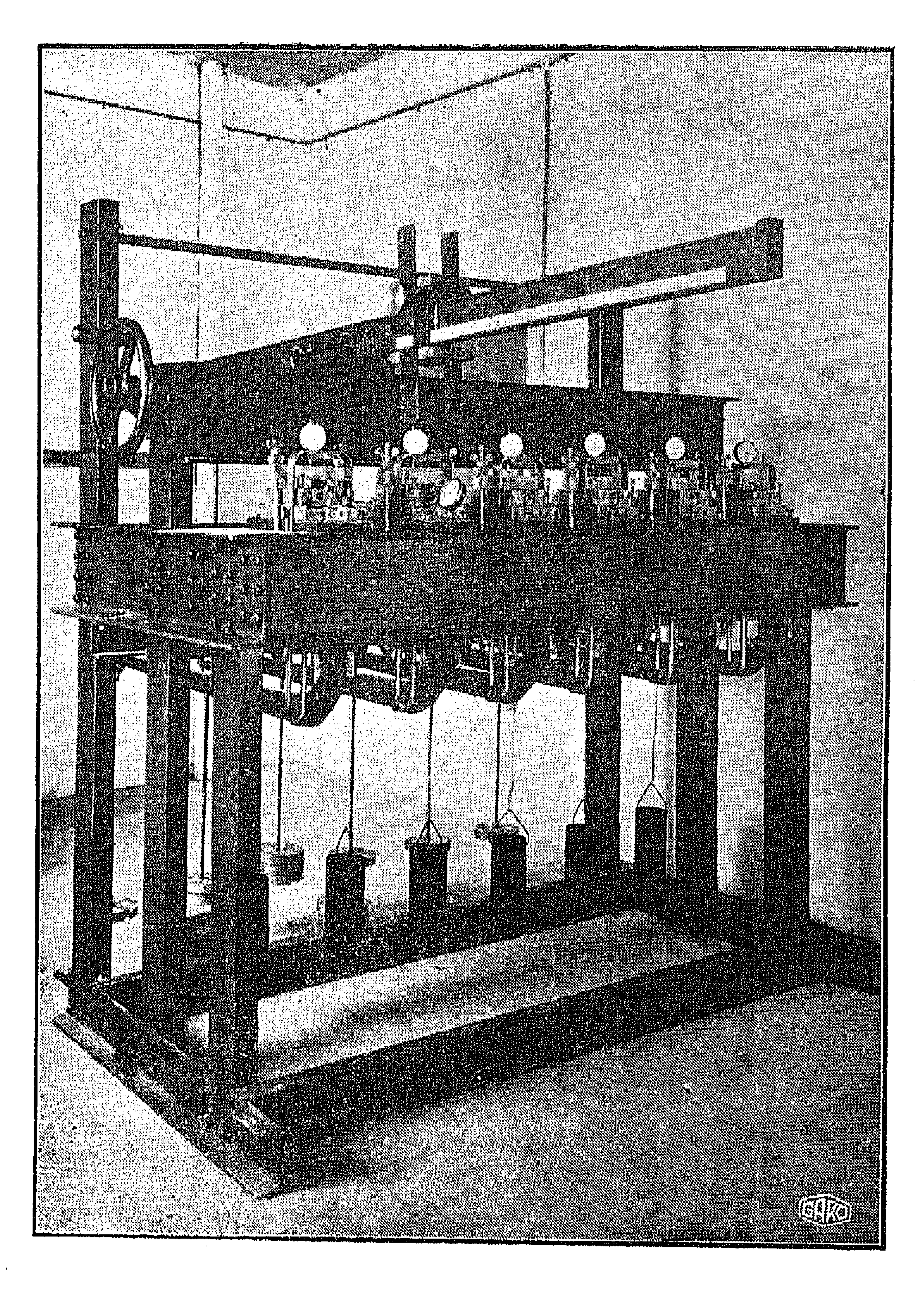
حيث Q = التصرف ، i = الميل الايدروليكى ، A = قطاع الاسطوانة ، t = الزمن

(ى) حدود البلولة

يمكن فهم معنى هذه الخاصية من الحقيقة الآتية — لو كانت نسبة الماء فى عينة من التربة الطينية كبيرة فان التربة تكون أشبه بسائل مائع لا يحتفظ بشكله فاذا أنقصت نسبة الماء تدريجياً فتصل التربة الى حالة plastic تحتفظ فيها بشكلها ولكنها لا تستطيع مقاومة تغييره لو ضغط عليها قليلا فاذا استمر نقص نسبة الماء تنكمش التربة وتصبح جسما قريباً من الجسم الصلب ويظهر بها تشقق كنتيجة للانكماش فاذا وضعت فى فرن حتى تبخرت كل المياه الموجودة داخلها فانها تصبح جسما فاتح اللون غير قابل لأى انكماش جديد وتسمى نهاية المرحلة الأولى وبدىء المرحلة الثانية حد السيولة ونهاية المرحلة الثانية وبدىء المرحلة الثالثة حد الليونة ونهاية المرحلة الثالثة وبدىء المرحلة الأخيرة حد الانكماش ومعرفة خواص التربة من حيث تغيير صفاتها الطبيعية بحسب نسبة المياه داخلها ذو أهمية فى الحالات التى تتعرض التربة لارتفاع وانخفاض فى مستوى مياه الرشح وهناك أجهزة خاصة لقياس هذه الحدود



شكل ٤



شكل ٥
جهاز كازاجراندى للقص

(ﻫ) حجم الجبيبات ذو أهمية كبيرى فى خواص التربة فيمكن تقسيم التربة من هذه الناحية إلى : —

(أولا) التربة الصخرية وهى فى مقاومتها أشبه بجسم مرن ذو قطاع عظيم المساحة

(ثانياً) التربة الرملية المكونة من حبيبات مستديرة لا تقاوم الشد أو القص ونسبة الفراغ فيها لا تزيد عن ٥٠٪ ضعيفة التماسك سريعة القابلية للانضغاط وتصبح مدعمة بعض وضع الضغط عليها مباشرة تقريبا

(ثالثاً) التربة المتماسكة المكونة من ذرات رقيقة جداً كالطينية ذات مقاومة للقص والشد قابلة للتشبع بالمياه والاحتفاظ بها مدة طويلة بعد ضغطها وهى إما طبقات قديمة قد تدعمت إلى حد كبير أو صغير كنتيجه للتغييرات الجيولوجية وارتفاع وانخفاض مستوى مياه الرشح لآلاف من السنين وإما طبقات حديثة التكوين قابلة لانضغاط كبير وهى فى بعض الأحيان قريبة من التربة الرملية

(٣) حساب انتقال الضغط داخل التربة

(٥) بالرغم من كثرة الأبحاث التى عملت فى هذا الموضوع فان الأساس لذلك لا يزال معادلة استنبطها بوسنسك منذ ٥٠ سنة لاعطاء مقدار الضغط الرأسى والأفقى فى اتجاهين متعامدين عند أى نقطة تبعد مسافة « r » عن موضع ضغط قوة مركزة Q تبعد عن النقطة التى يحسب فيها الضغط بمقدار x ، y أفقياً ، « z » رأسياً كما ترى فى الشكل « ٦ » وهى

$$p_2 = \frac{3}{2\pi} \frac{Q}{Z^2} \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{2/5}}$$

$$p_x = \frac{3}{2\pi} \frac{Q}{Z^5} + x^2$$

$$p_y = \frac{3}{2\pi} \frac{Q}{Z^5} + y^2$$

ولما كان توزيع الاجهادات يتم فى كل مستوى حول مركز القوة Q فان المحل الهندسى للاجهادات المتساوية لا بد أن يكون سطوح دوران

ويمكن تطبيق هذه المعادلة على الأحمال المنتظمة وغير المنتظمة على اعتبار أنها مجموعة من أحمال مركزة متعددة

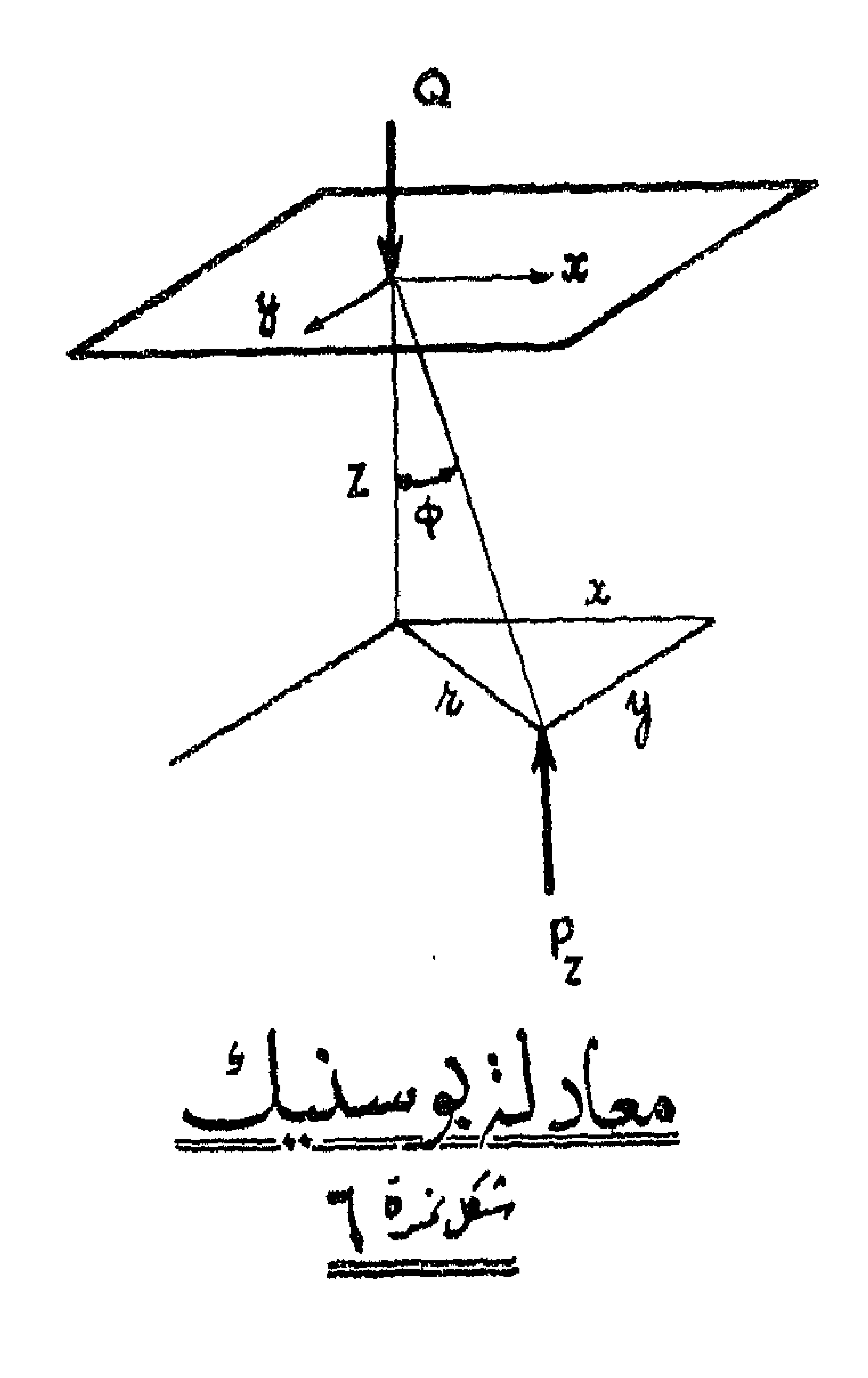
وإذا كان الحمل موزعا بانتظام وقدره « p_o » على الوحدة المربعة فيمكن البرهنة على أن الأجهادات الرأسيه فى نقطه ما يمكن حسابها من المعادلة التالية (أنظر شكل ٧) .

$$p_z = \frac{p_o}{2\pi} \left[\sin^{-1} \frac{2bz}{r_1 r_2} + \frac{2bz}{r_1^2\, r_2^2} (z^2 - x^2 + b^2) \right]$$

غير أن استعمال هذه المعادلات كان موضع شك لأنها استنبطت لحالة جسم مرن متجانس ولأنه لم تعمل تجارب تحقق إمكان استعمال هذه المعادلة لذلك قام كثيرون بعمل أبحاث فى أنواع مختلفة من التربة ولكنها أسفرت عن النتائج الآتيه :

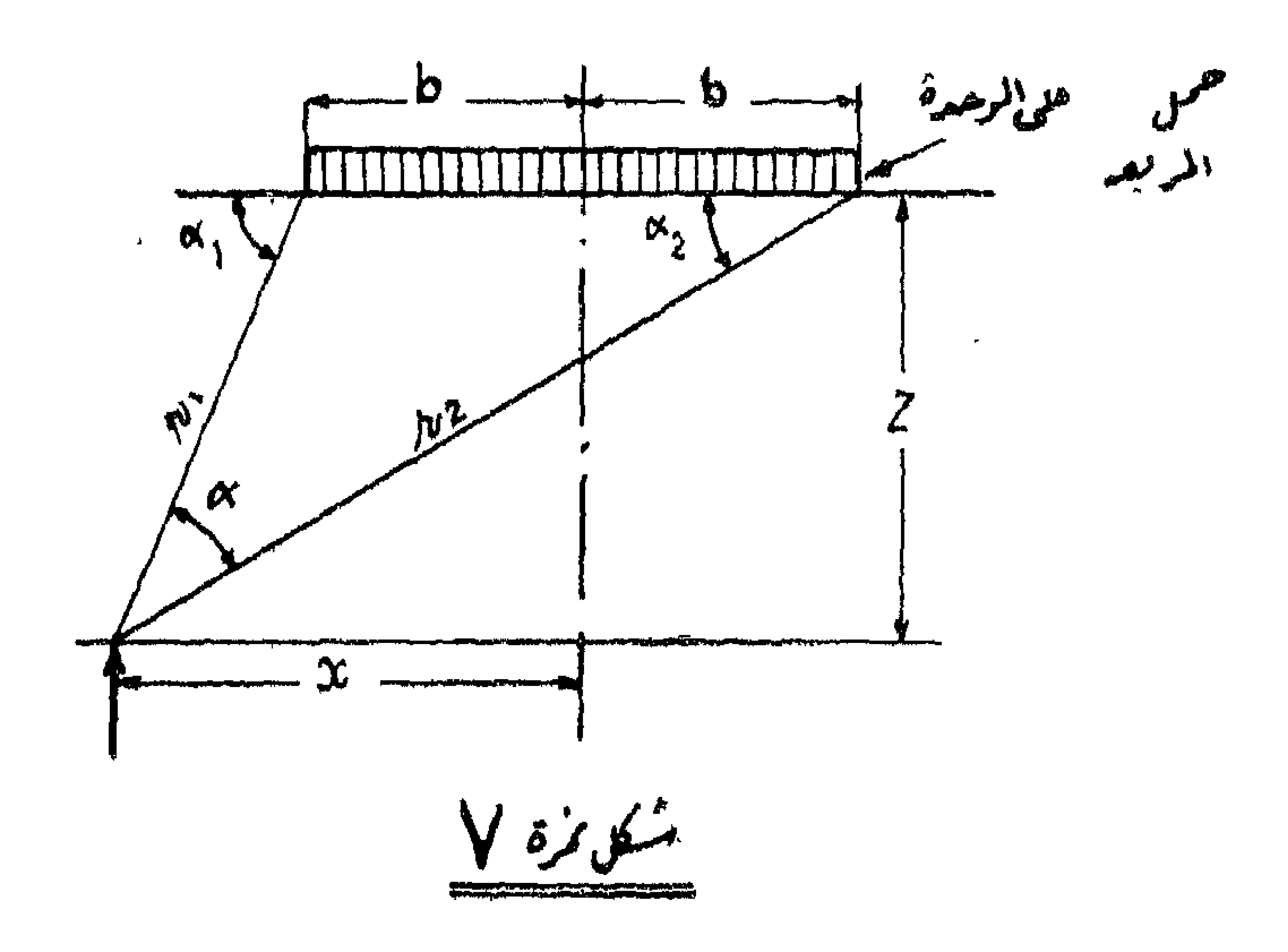
(أولا) أنه ممكن تحقيق هذه المعادلة فى الأجسام المرنة .

(ثانياً) أنه ممكن تحقيق هذه المعادلة فى التربة الرملية تحت المنشأ

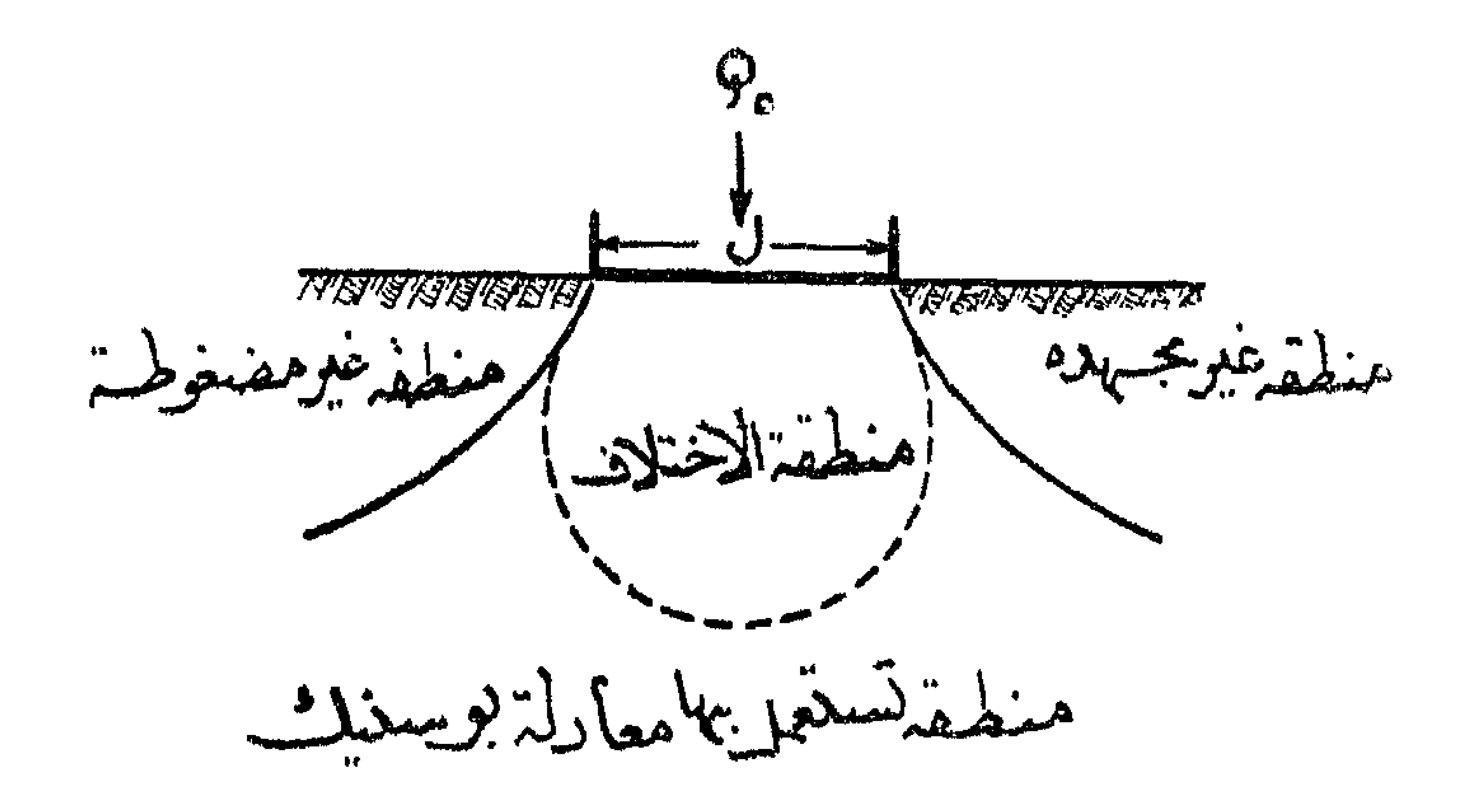


معادلة بوسنيك

شكل نمرة ٦

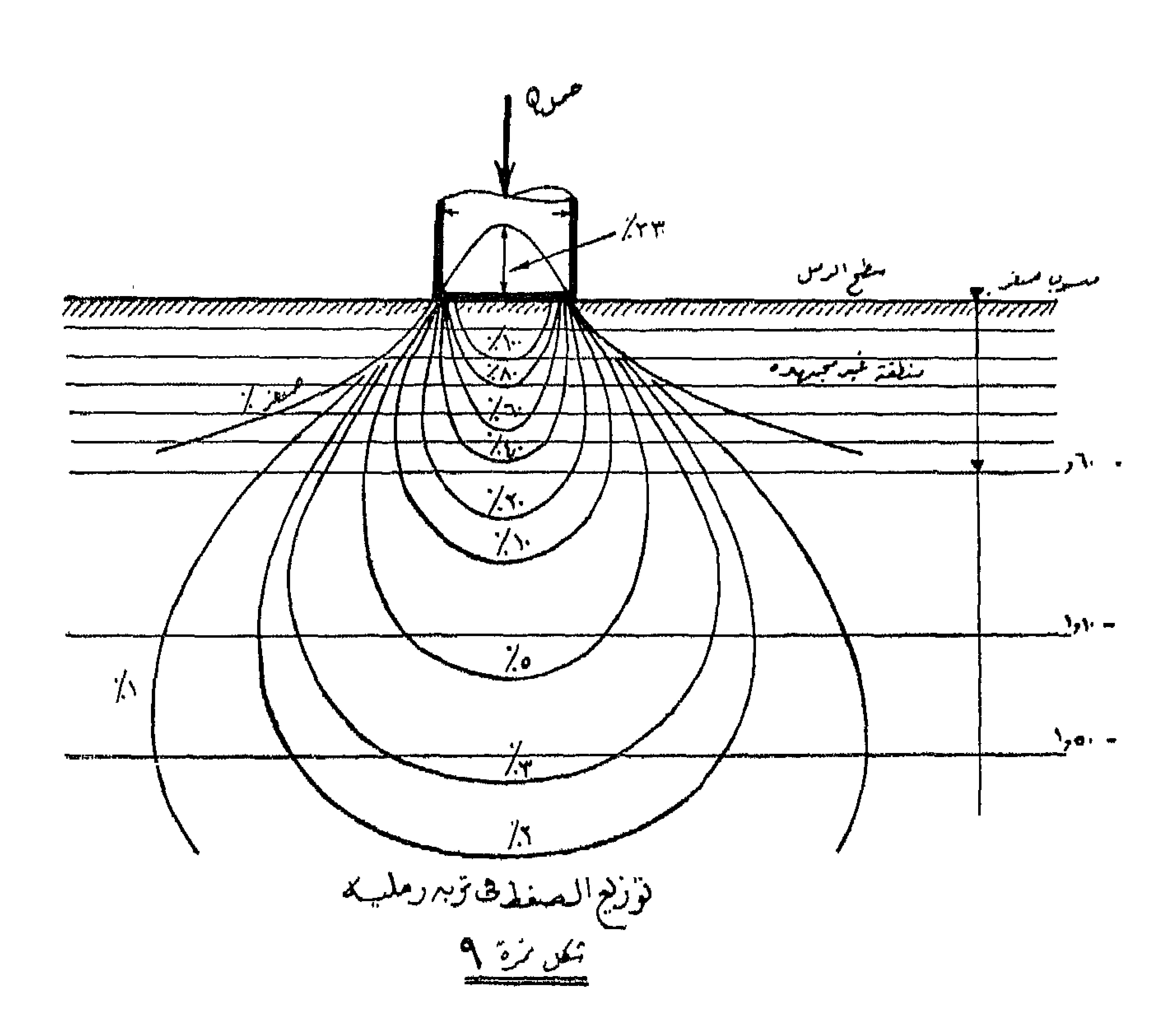


شكل نمرة ٧



منطقة تستعمل بها معادلة بوسنيك

شكل نمرة ٨



توزيع الضغط في تربة رملية

شكل نمرة ٩

ما عدا المنطقة الواقعة تحت المنشأ مباشرة لعمق يتراوح من ٩٥ر إلى ١ر١ متر وسميت هذه المنطقة « منطقة الاختلاف » وأهم الأبحاث التى عملت فى هذه الناحية أبحاث كوجلر وشيدك بألمانيا ، أندريا وجوبر وهوجى بزوريخ بسويسرا وقد أثبتت هذه التجارب وجود منطقة خالية من الاجهادات خارج قاعدة المنشأ ثم وجود « منطقة الاختلاف » ثم تحقيق معادلة بوسنسك فى ما عدا هاتين المنطقتين وقد قام كوجلر وشيدك معاً باستنباط معادلة تصلح لايجاد الاجهادات فى منطقة الاختلاف من المعادلة التالية (أنظر شكل ٨ ، شكل ٩) .

$$p_z = \frac{3Q_o}{2\pi z^2} \; \frac{(\cos. \varphi - \cot \varphi_o \sin \varphi) \cos.^4 \varphi}{(1 - \cos \varphi_o)}$$

(ثالثاً) ان سبب وجود منطقة الاختلاف ناتج من امكان هروب الرمل أفقياً تحت تأثير الضغط الرأسى فى الأجزاء العليا حيث الضغط الرأسى صغير فاذا ما وصلنا إلى طبقة أوطأ من سطح الأرض بنحو متر ونصف أصبح هروب الرمل أفقياً ليس بالسهل نظراً للضغط الرأسى و بذلك نرى ان معادلة بوسنسك ممكنة التطبيق .

(رابعاً) يستنتج من التجارب التى عملت على التربة الرملية ان تطبيق معادلة بوسنسك ينتظر أن يكون تاماً فى التربة الطينية طالما أن ليس هناك تربة طينية مائعة ممكن أن تهرب أفقياً .

وقد عملت عدة محاولات للقيام بتجارب على التربة الطينية ولكنها فشلت إذ أن مجرد وضع أجهزة قياس الضغط داخل التربة كاف لا يغير

معالم التربة ومقاومتها أما فى حالة الرمل المكون من حبيبات منفردة قليلة التماسك فانه كان من السهل عمل تجارب تمثل حالة التربة كما هى .

وقد خطر فى بال المحاضر بالنسبة للطمى الكبير الذى يحدث فى أثناء الفيضان وبعد انتهائه فى بعض الجهات وضع أجهزة خاصة فى هذه المناطق أثناء انخفاض النيل ثم القيام بتجربة التربة بعد هبوط النيل ولو أن رواسب النهر أكثرها مواد رملية إلا أن مجرد مقارنتها بنتائج التربة الرملية البحتة كفيل بالقاء بعض الضوء على ما يحدث فى التربة الطينية التى بحكم طبيعتها قريبة من فروض معادلة بوسنسك .

وقد عملت عدة معادلات على نماذج من السلوليد والأبونيت وعرضت لضغط ومررت فى هذه النماذج أشعة قطبية polarised light فكانت النتيجة أن نتائج التجارب اتفقت مع هذه المعادلة اتفاقاً يكاد يكون تاماً ويضاف إلى ما تقدم أن التجارب التى عملت على منشآت حقيقية مقامة على تربة طينية والتى حُسِبَ هبوطها نظرياً بهذه المعادلة اتفقت إلى حد كبير مما جعل استعمال هذه المعادلة فى التربة الطينية مؤدياً إلى نتائج حسنة .

(خامساً) أثبتت هذه التجارب بالصدفة نتائج أخرى هامة فيما يتعلق بتوزيع الضغط تحت المنشأ مباشرة تغاير ما يتبع فى حساب هذا الضغط وملخص هذه النتائج أنه إذا كان الضغط تحت المنشأ مباشرة مقداره (١) كيلو على السنتيمتر المربع محسوباً من واقع الأحمال الحية والميتة الواقعة على قاعدة أساس المنشأ فان الضغط الحقيقى يختلف كل

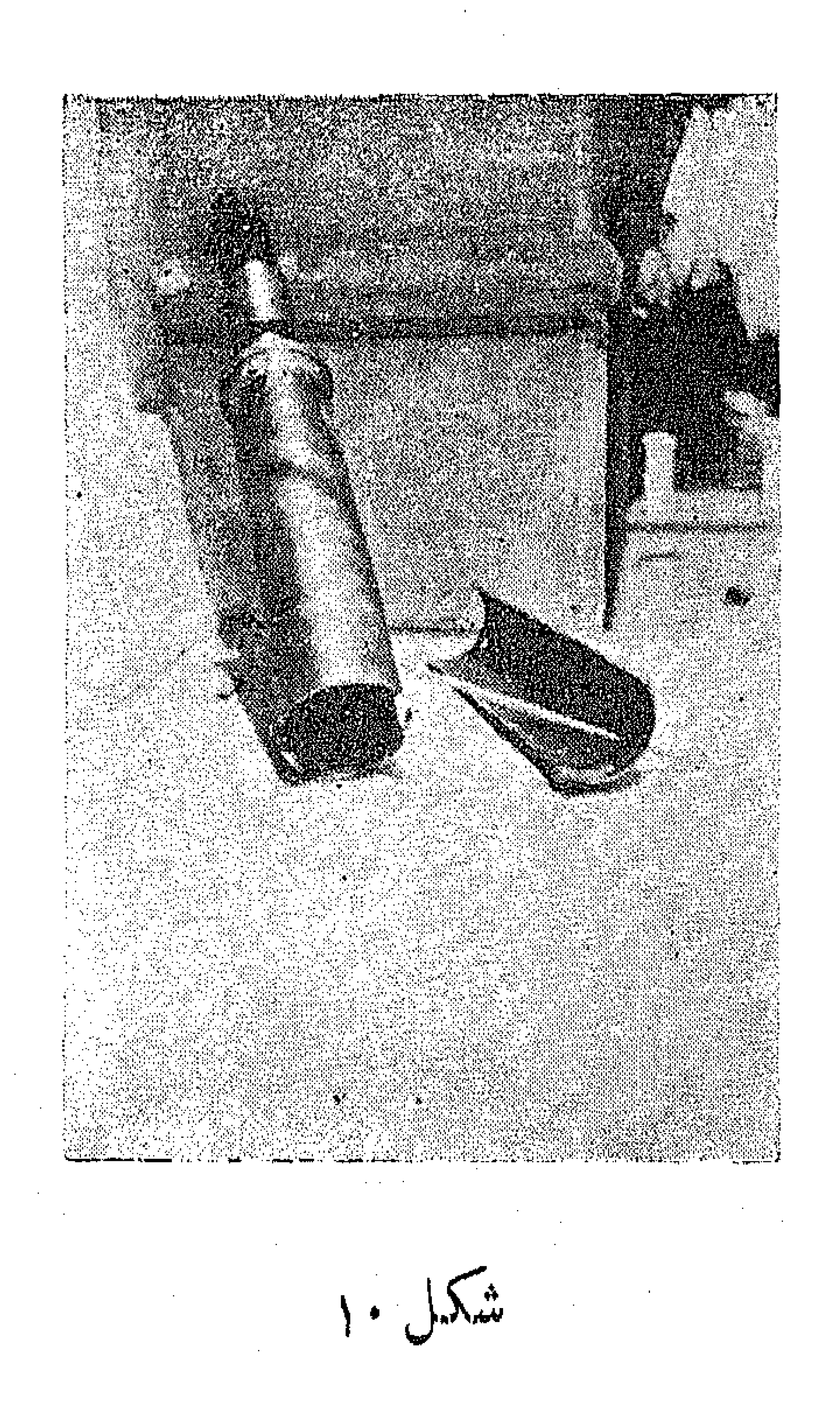
الاختلاف عن هذا حسب نوع التربة ففى التربة الرملية يكون أقصى الضغط فى منتصف القاعدة وقد يصل إلى « ١٣ » كيلو على الوحدة المربعة ويقل جداً عن « ١ » فى أطراف المنشأ أما تحت التربة الطينية فيحدث العكس فان أكبر الضغط تحت نهايات المنشأ وأقله فى الوسط ولا يزال المجال متسعاً للقيام بأبحاث على منشآت مختلفة الشكل والمساحة لايجاد الاختلافات المتنوعة للضغط الواقع تحت المنشأ مباشرة . وهذا لا علاقة له بما سبق شرحه خاصاً بالطبقات من التربة الواقعة تحت هذا المستوى بكثير أو قليل .

(٦) (سادساً) أثبتت هذه التجارب أن المنشآت المقامة على خوازيق تختلف باختلاف مساحة قاعدة المنشأ فاذا كانت صغيرة ساعدت الخوازيق على توزيع الحمل على مساحة كبيرة أما إذا كانت المساحة كبيرة فان الخوازيق لا تساعد كثيراً على ذلك إلا إذا استندت فى نهاياتها على تربة كبيرة المقاومة وقد يحدث أن تنقل الخوازيق الحمل إلى أعماق كبيرة ولكن يصدف أن تكون هناك طبقات ضعيفة قليلة السمك لا يعنى بها المهندس وعند انتقال جزء من هذه الأحمال إلى هذه الطبقة مهما كان ذلك الجزء قليلا تأخذ فى الانضغاط أو فى الهروب جانبياً وتسبب هبوط المنشأ ولذلك قد يكون استعمال الأساس المشترك الشبكى على عمق قليل من سطح التربة أكثر أمنا حيث لا يصل توزيع الاجهادات إلى الطبقة الضعيفة كما لو استعملت خوازيق طويلة .


رابعا — استخراج عينات من التربة
وطرق مراقبة تربيح المنشأ

لاستخراج عينات من التربة فى حالتها الطبيعية تستعمل مواسير خاصة بطول ٤٠ سنتيمتر مقلوظة الى وصلات باطوال مختلفة وتنزل هذه المواسير الخاصة داخل ماسورة الدق العادية المستعملة الآن فى استخراج عينات بواسطة البريمة أو خلافه فاذا كانت التربة متماسكةفالماسورة الخاصة عبارة عن ماسورة قطر ٤ بوصة لها حروف حادة وباعلاها بلف صغير وتكون ماسورة الدق العادية ٦ أو ٨ بوصة فاذا اريد استخراج عينة على منسوب من ١٢ الى ٦٠ر١١ تنزل ماسورة الدق العادية إلى منسوب ١٢ ثم ينزل الجهاز الخاص إلى منسوب ١٢ ويدق دقاً خفيفاً إلى منسوب ٦٠ر ١١ ثم ترفع وصلاتها الى أعلى وتبق بسبب البلف الموجود محتفظة بكل خواصها ولما كانت الماسورة الخاصة عبارة عن نصفى ماسورة (شكل ١٠) فيمكن بكل سهولة استخراج العينة ثم دهانها حالا بفرشة عادية بخليط من السيرازين والبرافين المغلى لدرجة السيولة فاذا ما لمس العينية الباردة استحال الى طبقة رقيقة صلبةلا تنفذ من داخلها المياه ولا الهواء وتحتفظ بخواصها الحقيقية كما هى الى ان تجرب فى المعمل وترون هنا عينات استخرجت من ثلاث شهور مغطاة بهذه المادة وعند قطعها بسكين تظهر كانها استخرجت من لحظات وليس هناك أى تفاعل ما بين هذه المادة والتربة .

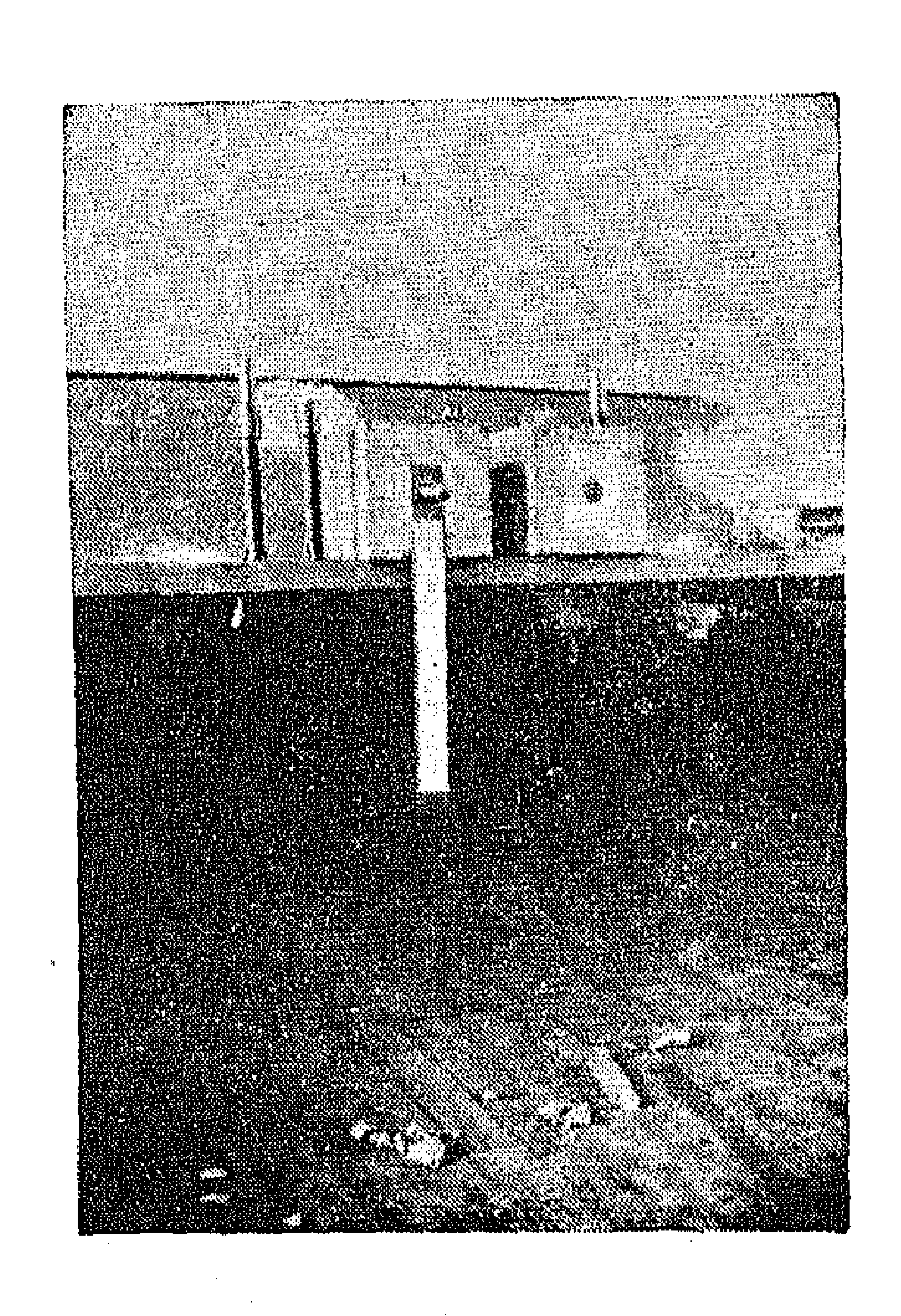
ولقياس هبوط المنشأ تبنى قطع نحاسية داخل المنشأ وسطحها الخارجى



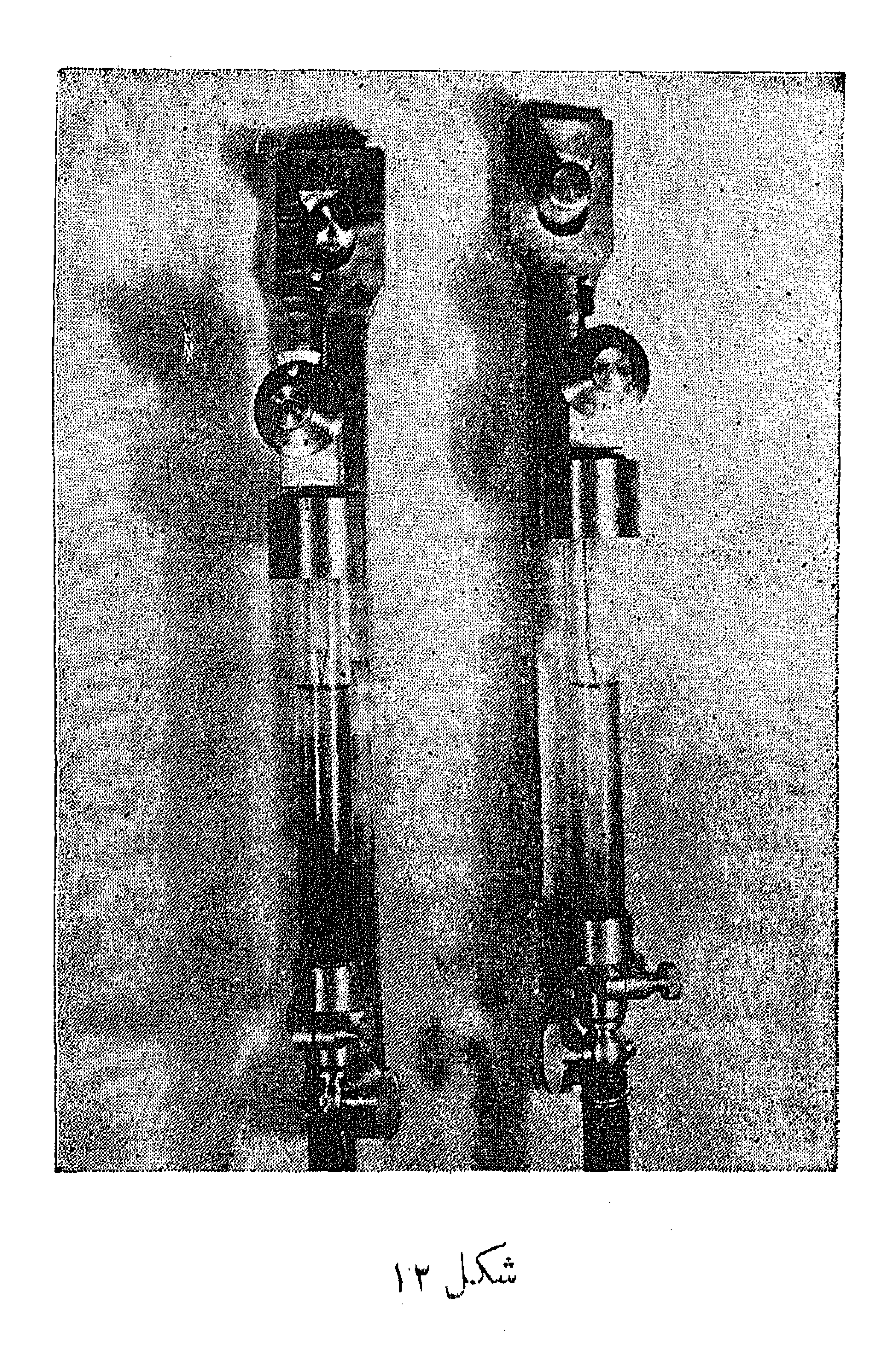
شکل ۱۰



شكل نمرة ١١
Fig 11
طريقة استخراج عينات بحالتها الطبيعية
General arrangement.
1:25.
6" φ Bore Tube.
Soil Surface
Subsoil water
See details, drawings No A-1; A-3; A-4



شکل ۱۱



شکل ۱۲

بمساواة سطحه الخارجي ولها غطاء مقلوظ وعند عمـل ميزانيات دقيقة تستعمل قامة من « الدراليوم » مقسمة الى نصف ملليمتر وتعلق بواسطة اسطوانة صلب دقيق الصنع مقلوظه فى أحد طرفيها وتقلوظ داخل القطعة النحاسية بعد رفع غطائها بمفتاح خاص .

ولقياس ترييح أى نقطة فى داخل المنشأ مثلا بالنسبة لنقطة خارجة ولسهولة عمل الميزانية بأقل عناء ممكن يستعمل بميزان مائى دقيق شكل ١٢ لمقارنة ترييح نقطة بالنسبة لاخرى وهو يقرأ الى نصف ملليمترا أيضا وعند تمام الميزانية تسحب الاسطوانات الصلب وتغطى القطع النحاسية جيدا وتقفل الى حين عمل ميزانية تالية ولا بد من الاستعانة على الاقل بروبير واحد لايتأثر بالهبوط ويعمل عليه « شيشنى » من حين لآخر

وقد قامت ورشة مدرسة الهندسة بعمل المواسير الخاصة والقطع النحاسية وتوابعها فجاءت مساوية المستورد من الخارج أن لم تفضلها .

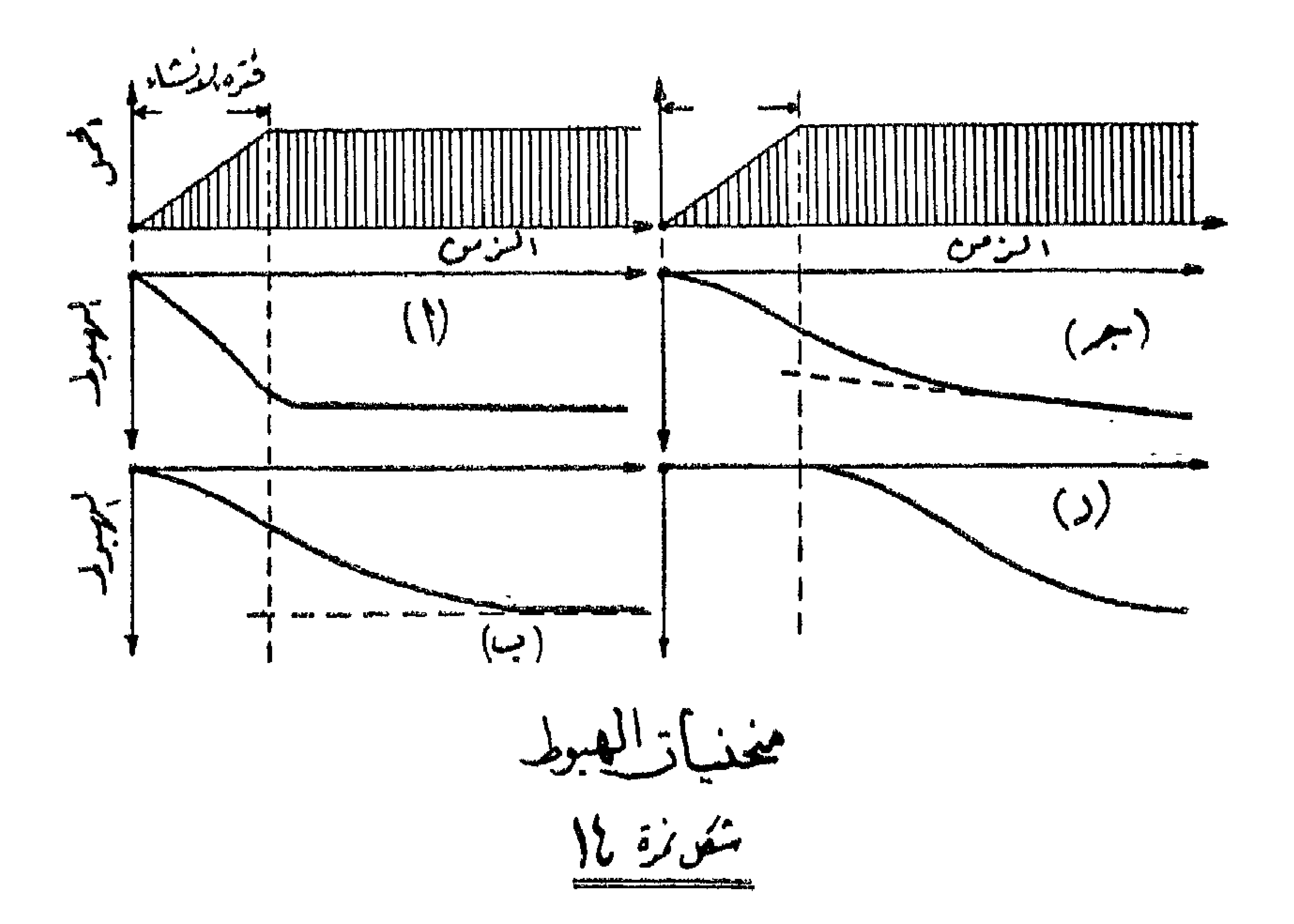
ومن مزية استعمال هذه القطع النحاسية الصغيرة أنها لا تشوه شكل المبانى الموضوعة فيها ومتى انتهت عملية الميزانية فيوضع الغطاء فى مكانه بحيث لا يسهل فتحه الا بمفتاح خاص .

خامسا — أمثلة من تطبيق الطرق الحديثة على منشآت مقامة فعلا

لـكى يسهل « تشخيص » أنواع هبوط المنشآت تجد فى شكل ١٤ أربع أنواع من المنحنيات الهبوط — والزمن فيلاحظ أن المنحنى « ا » يمثل

الهبوط والزمن لمنشأ مقام على تربة رملية فمتى تم المنشأ فان مقدار الهبوط يظل ثابتا باستمرار أى أن تدعيم التربة يتم بتمام المنشأ كما وضح ذلك فى ما سبق

ويمثل المنحنى ب ، حـ الهبوط والزمن لمنشأ يقام على تربة طينية وهنا يجب أن نفرق بين سببين أساسيين من الهبوط أحدهما ناتج من تدعيم التربة والثانى ناتج من « هروب » طبقات ضعيفة منها هروبا جانبيا افقيا وقد تكون له محصلة رأسية أيضا فاذا فرضنا مثلاأن تربة طينية متماسكة تحتها على عمق ما تربة طينية ضعيفة أو « روبة » فان الطبقات المتماسكة تنضغط وأما الطبقات الضعيفة فمتى وصلت الاجهادات عليها الى حد ما — ويغلب أن يكون ذلك الحد صغيرا — فان هذه الطبقات تأخذ فى الهروب أفقيا من تحت المنشأ الى المناطق المجاورة وبالتالى تسبب هبوط المنشأ بسبب ذلك وقد يحدث أن يكون مقدار الهروب صغيرا وفى هذه الحالة يكون هبوط المنشأ ناتجا أغلبه من انضغاط التربة المتماسكة وعلى ذلك ففى شكل ١٤ يمثل المنحنى ب الهبوط والزمن لمنشأ مقام على تربة طينية كنتيجة لانضغاط الطبقات فقط (تدعيم التربة) ويلاحظ أن أغلب التدعيم يتم بعد تمام المنشأ بقليل ثم يصبح المنحنى موازيا لاحداثى الزمن أما المنحنى حـ فيمثل هبوط المنشأ كنتيجة للهروب الجانبي ويلاحظ فى هذه الحالة أن هبوط المنشأ يستمر لزمن طويل قد يصل الى عدة سنوات كما ترى فى ما بعد ويمكن القول اذن انه اذا أخذ منشأ فى الهبوط واستطاعت أساساته مقاومة الاجهادات الناشئة من الهبوط فانه يمكن استنتاج نوع هبوطه من مقارنته بالمنحنيات ا ، ب ، حـ



منحنيات الهبوط

شكل رقم ١٤

ولم تعمل ابحاث كاملة للآن عن تأثير ارتفاع وهبوط مستوى الرشح في تدعيم التربة أو تأثيرها في التربة الآخذة في التدعيم تحت تأثير ضغط منشأ ما وأن كان مثال المحكمة المختلطة يوضح بأن سرعة هبوط المنشأ تزيد قليلا أثناء انخفاض المستوى ولكنه لا يمكن الجزم في هذه الحالة عما اذا كان ذلك من تأثير الانضغاط أو الهروب وسيعنى معمل اختبار التربة بالمدرسة بهذا الموضوع على وجه خاص لاهميته بمصر .

ويوضح المنحنى « د » مثالا من حالات قليلة الحدوث ولكنها سجلت ثبات المنشأ اثناء بنائه وبعد تمام ذلك بزمن ثم اخذه في الهبوط بعد ذلك ولم يمكن تعليل هذه الظاهرة للآن .

ولتقدير الهبوط النظرى تعمل تجارب على عينات من التربة تستخرج كل نصف متر أو كل متر حسب الظروف ثم يستخرج من التجارب التى تقام عليها معاملات التدعيم والاحتكاك والتماسك ومعامل قابليه التربه لمرور المياه ويحسب هبوط كل طبقة من هذه الطبقات كنتيجه للاجهادات المحسوبة بمعادلة بوسنسك اثناء أقامة المنشأ وبعد اقامته ثم يراقب المنشأ لمعرفة هبوطه الفعلى ومتى عملت هذه التجارب على عدد كبير أصبح من الممكن ايجاد المعاملات التجريبية التى باستعمالها في المعادلات النظرية تعطى نتائج عملية ويضاف الى ذلك أن يصبح في مقدور المهندس أن يفهم ما يحدث فعلا في التربة التى يقام عليها المنشأ فضلا عن امكان الاحتياط في الحالات التى لا يكون ميل الطبقات أفقيا .

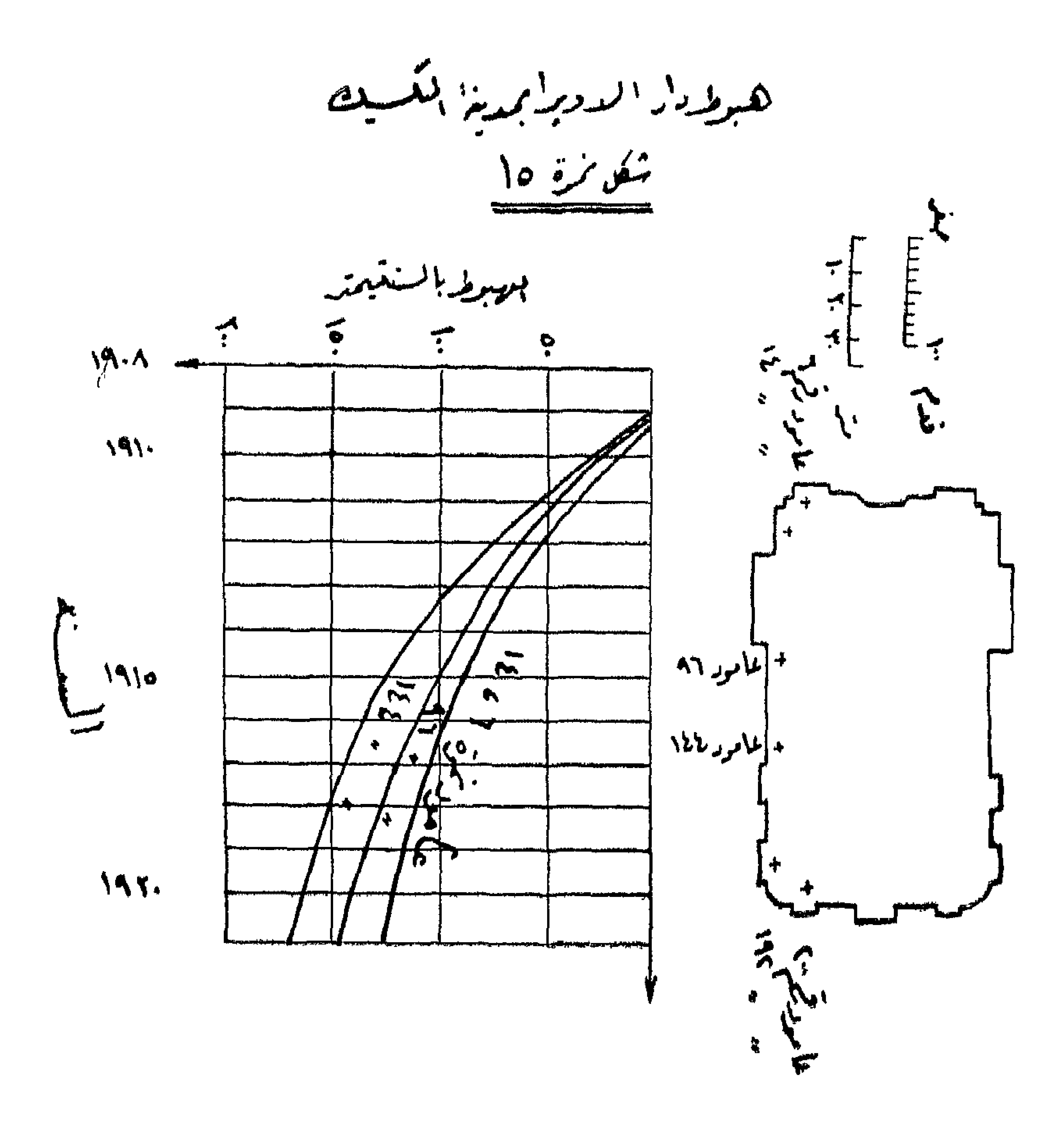
ومما يجب تأكيده في هذه المرحلة من شرح هذا الموضوع أن هذه

الطرق الحديثة انما تصلح للتربة الطينية المكونة من ذرات رفيعة مشبعة بالمياه أما التربة الخالية منها والتى يمتلىء الفراغ بين ذرات التربة بالهواء فلم يتم بحث طريقة هبوطها بالضبط وأن كان معروفا أنهـا تشبه حالة التربة الرملية المعلوم أن هبوطها سريع ويتم بنهاية البناء ويلاحظ أن الموضوع ليس بهذه البساطة فالتربة الطينية تختلف فى خواصها كثيرا واختبارها وتحديد معاملاتها يحتاجان الى دراسة مطولة وتجارب لبضعة سنوات حتى يمكن الجزم بمقاومتها للضغط الواقع عليها فى كل حاله بدرجة كبيرة من الدقة وأن كانت المعلومات الحالية تعطى نتائج ذات قيمة عملية مهمة .

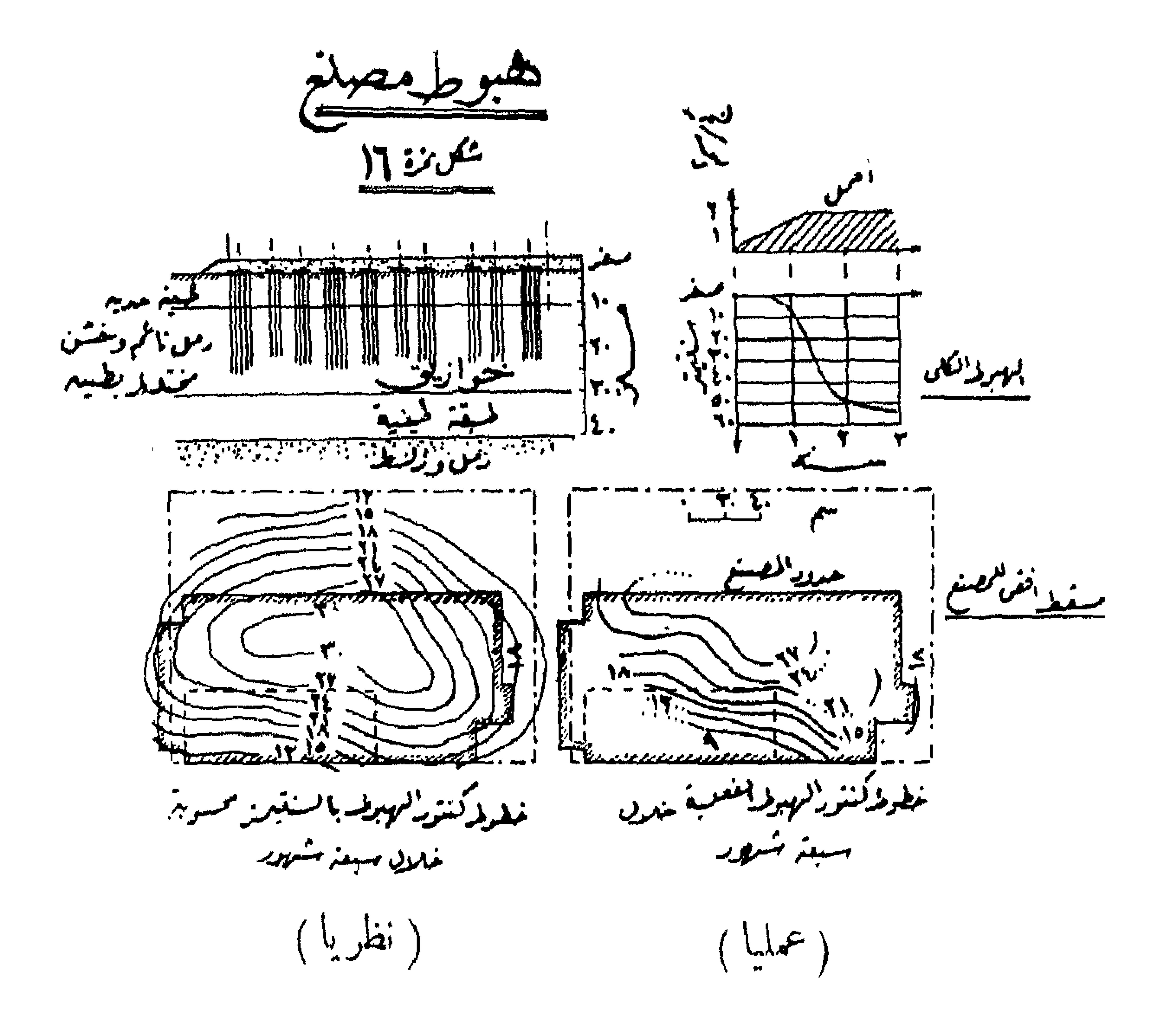
(أمثلة عملية)

فى شكل ١٥ مسقط أفقى لدار الاوبرا فى مدينة المكسيك عاصمة المكسيك وقد بدىء بانشائه سنة ١٩٠٨ ثم اخذ فى الهبوط منذ سنة ١٩٠٩ حتى هذا التاريخ حتى وصل هبوطه الكلى فى بعض اجزائه الى ١٥٠ سنتيمتر (متر ونصف) وهذه الدار مقامة على تربه أصلها من بقايا تراب حريق بركانى قديم وهى مشبعة بالمياه ولكون هذه التربة لم يتم تدعيمها الطبيعى فان انشاء هذه الدار على هذه الطبقة أدى الى هذا الهبوط العظيم ولما كانت هذه الطبقة ذات عمق كبير فان عمل خوازيق أو توسيع مساحة الاساسات ما كان ليمنع ما حدث فان الهبوط كان يحدث على كل حال وقد عملت حسابات نظرية لهبوط هذا المنشأ فجاءت متفقة مع الهبوط الفعلى اتفاقا حتى فى التفاصيل الخاصة بخطوط كنتور الهبوط فى اجزائه المختلفة

وفى شكل ١٦ قطاع رأسي ومسقطين أفقين لبناء مصنع نحو ١٦٠



هبوط دار الاوبرا بمدينة المكسيك
شكل نمرة ١٥
الهبوط بالسنتيمتر
١٩٠٨
١٩١٠
١٩١٥
١٩٢٠
عامود ٩٦
عامود ١٤٤



هبوط مصنع
شكل نمرة ١٦
رمل ناعم وخشن
خوازيق
طبقة طينية
الهبوط الكلي
مسقط أفقي للمصنع
حدود المصنع
خطوط كنتور الهبوط بالسنتيمتر محسوبة
خلال سبعة شهور
(نظريا)
(عمليا)

متر × ١٥٠ متر بنى على خوازيق طولها يتراوح ما بين ١٣ و٢٥ متر وتبلغ قيمة الضغط تحت سطح المنشأ من ١٫٥ إلى ٢٫٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع وتتكون التربة من طبقة من الطمى سمكها نحو عشرة أمتار تحتها طبقة من الرمل الحرش مختلطة بقليل من الطين وسمكها نحو اثنين وعشرين متراً وتحتها طبقة طينية سمكها نحو عشرة أمتار ويليها تربة من الرمل الحرش والزلط وقد دقت الخوازيق حتى وصل أثر الدق فيها طبقاً لاحدى المعادلات المستعملة لهذا الغرض واخترقت الخوازيق طبقة الرمل الحرش العليا ولكن بمجرد تمام المنشأ أخذ فى الهبوط طبقاً لخطوط الكنتور المبينة فى الشكل وذلك لأن الطبقة الطينية الواقعة تحت هذه الطبقة أخذت فى الانضغاط وقد قام الأستاذ ترزاكى بتحليل التربة وحساب الهبوط النظرى ويمكن مقارنة خطوط الكنتور النظرية والفعلية للتحق من تقاربهما

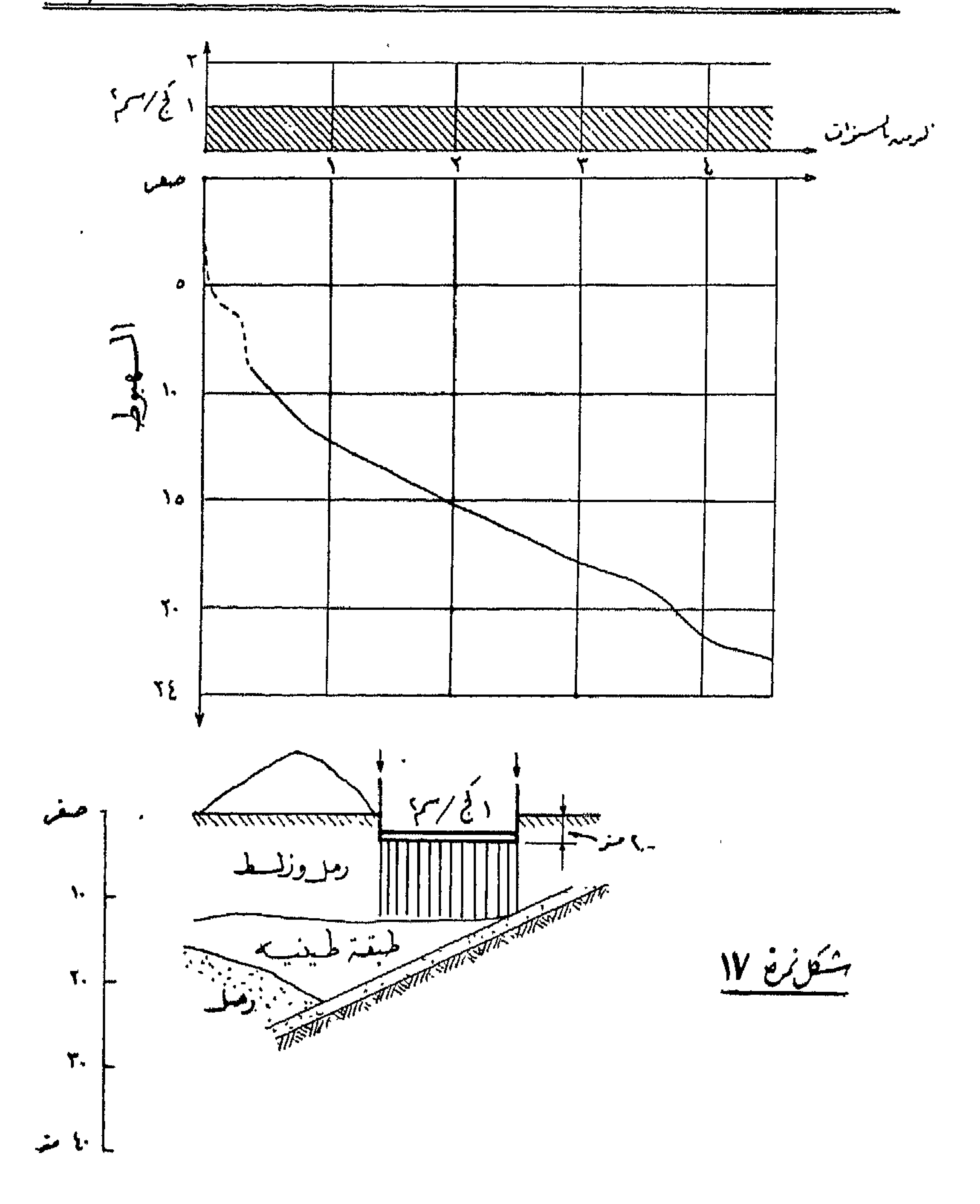
وفى شكل ١٧ منشأ أقيم على خوازيق اخترقت طبقة رملية قوية وقد كان دق الخوازيق صعباً واعتمادا على تحميل خوازيق تجريبية فردية اعتبر الأساس صالحاً ولكن بمجرد تمام المنشأ أخذ فى الانضغاط السريع لأن طول الخازوق جعل مركز توزيع الحمل قريباً من الطبقة الطينية الواقعة تحت الطبقة الرملية وربما كان استعمال أساس شبكى على عمق غير كبير أكثر أمناً لأن إجهادات الضغط إذ ذاك على قاع الطبقة الرملية و بدء الطبقة الطينية كان يكون أقل من الترتيب الحالى ولم يقتصر الحال على انضغاط التربة وهبوط المنشأ السريع بل أخذ يميل إلى اليسار لانضغاط الطبقة الطينية بمقادير اختلفت لاختلاف سمكها وهنا يظهر خطأ الاعتماد

على تجربة الخوازيق الفردية

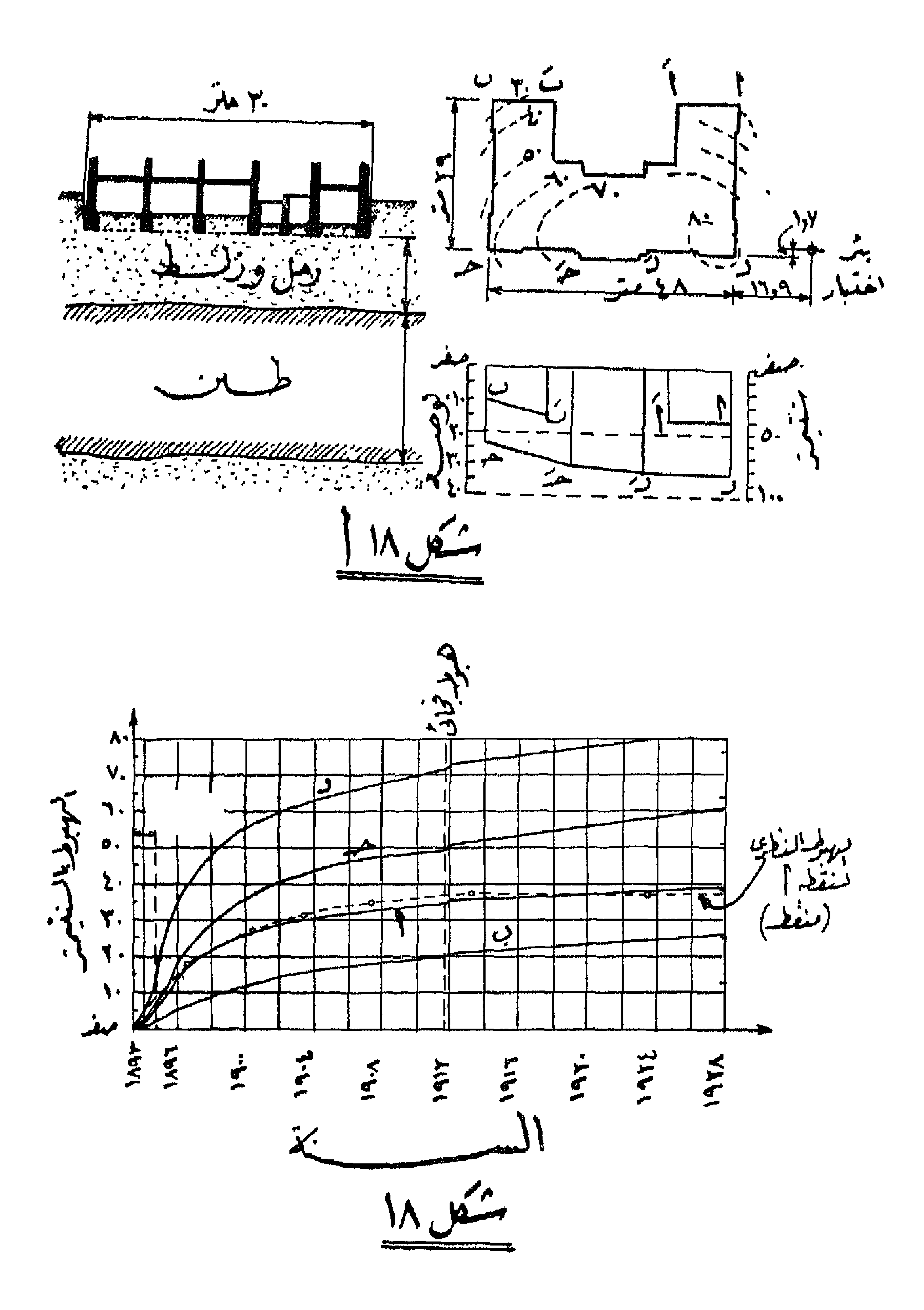
وشكل ١٨ يوضح منشأ أقيم على أساس شبكى مستمر بعرض من ٩٠ر — ٢٠ر١ متر وتتكون التربة تحت المنشأ من طبقة من الرمل والزلط عمقها ٧ متر تحتها طبقة طينية ضعيفة سمكها ٧٥ متر وبعمل تجارب على سطح أساس المنشأ مساحتها ٣٠ × ٣٠ سنتيمتر وتحت ضغط ٤ كج على السنتيمتر المربع كان الهبوط بضعة ملليمترات ومع ذلك فان هذا المنشأ ظل يهبط خلال الأربعين سنة الماضية بمقادير تتراوح ما بين ٣٠ و ٨٠ سنتيمتر ففى شكل ١٨ ا بيانى الهبوط سنة ١٩٢٨ وهناك أيضاً بيانى الهبوط منذ تاريخ الانشاء وسبب الهبوط انضغاط وهروب الطبقة الطينية السميكة مع وقوعها على عمق ٧ متر من السطح ومع أن الضغط لم يتعد ½ كيلوجرام على السنتيمتر المربع

وقد قام الأستاذ ترزاكى بتحليل هذه الحالة سنة ١٩٣١ بأخذ عينات من بئر الاختبار المبينة إلى يمين البناء فى المسقط الأفقى ويلاحظ الاتفاق العجيب بين الهبوط النظرى والهبوط الفعلى للنقطة ا (الهبوط النظرى مبين منقطاً بينما أن الهبوط الفعلى موضح بخطوط مستمرة) غير أن الاختلاف بين المنحنيين واقع فى الجزء الأخير منه فالتجارب تدل على أن الهبوط على وشك الانتهاء مع أنه لا يزال نحو ٨ ملليمترات فى السنة ويلاحظ أيضاً هبوط فجائى نحو سنة ١٩١٢ لم يكن تعليله إلا أنه قد يكون من أثر زلزلة .

هبوط منشا مقام على طبقة قوية بواسطة خوازيق لانضغاط طبقة ضعيفة تحتها



شكل رقم ١٧



شكل ١٨ أ

شكل ١٨

سادسا — ملاحظات عامة وكلمة ختامية

يلاحظ مما تقدم أن هذه الطرق المستعملة الآن لاختبار التربة عاجزة عن مساعدة المهندس مساعدة تمكنه من الركون الى أساس المنشأ لان هذه الطرق عرضة فى كثير من الاحيان لاخطاء عديدة وقد سبق شرح كيف أن التجارب الفردية سواء على خوازيق أو على مساحات صغيرة لا تعطى نتائج يصح الاعتماد عليها وكيف أنها قد تضلل المهندس اذا طبق نتائجها على منشآت كبيرة المساحة وغير ذلك من العيوب .

ولما كان هذا الاتجاه الجديد خاصا بالتربة الطينية المشبعة بالمياه وكانت التربة بمصر جلها من هذا النوع كان من الواضح أن هذه الطرق الحديثة ذات قيمة عظيمة لدراسة موضوع أساس المنشآت بمصر دراسة علمية عملية تساعد المهندس مساعدة فعلية وتجعل حسابها حسابا يرتكز على فروض حقيقية عملية .

ولما كان ذلك يقتضى أن يقوم معمل ابحاث تربة الاساسات بتجارب عديدة على التربة المصرية فبديهى أن تعاون المصالح الهندسية بمصر هو الخطوة الاولى للوصول الى تلك الغاية سواء بالتصريح للمعمل أن يقوم باستخراج عينات من التربة المختلفة أو مراقبة ترييح هذه المنشآت .

وهذه المساعدة القيمة التى تستطيع المصالح الهندسية أن تسديها لهذا المعمل هى فى نفس الوقت طريق للنهوض بموضوع الاساسات وسبيل لأن

تشترك مصر مع غيرها من ممالك العالم فى تقدم هذا العلم سيكون بلا شك موضع تقدير كبار رجال الهندسة فى بلادنا ونرجو أن تكون ثمرة هذا التعاون أن تزداد معلوماتنا عن هذا الموضوع وهو أمر لا شك أن رجال الهندسة العمليين والمشتغلين بتدريسها يتعاونون على الوصول اليه انشاء الله .

